

## RESOLUCIÓN DE CUESTIONES

### Cuestión 1

Indique, razonadamente, si cada una de las siguientes proposiciones, relativas a la variación de energía libre de Gibbs,  $\Delta G$ , es verdadera o falsa:

- a) Puede ser positiva o negativa, pero nunca puede ser cero.
- b) Es independiente de la temperatura.
- c) Cuando  $\Delta G$  es negativo, la reacción es espontánea.

### Cuestión 2

Explique cómo variará con la temperatura la espontaneidad de una reacción química en la que  $\Delta H^\circ < 0$  y  $\Delta S^\circ < 0$ , suponiendo que ambas magnitudes permanecen constantes con la variación de temperatura.

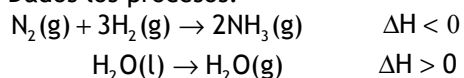
### Cuestión 3

Indique, razonando la respuesta, si son verdaderas o falsas las siguientes proposiciones:

- a) La energía libre depende de la temperatura.
- b) No basta que una reacción sea exotérmica para que sea espontánea.
- c) En una reacción química la variación de entropía es siempre positiva.

### Cuestión 4

Dados los procesos:



- a) Indique de forma razonada, cómo será el signo de  $\Delta S$  en cada reacción.
- b) Analice la espontaneidad de ambos procesos.

### Cuestión 5

Justifique la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

- a) Algunas reacciones exotérmicas son espontáneas.
- b) En ciertas reacciones químicas, la variación de entalpía coincide con la variación de energía interna.
- c) La variación de entropía de una reacción espontánea puede ser negativa.

## Cuestión 6

Dada la reacción:  $2\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . Razone:

- a) Si a una misma temperatura, el calor desprendido a volumen constante es mayor, menor o igual que el desprendido si la reacción tuviera a presión constante.
- b) Si la entropía en la reacción anterior aumenta o disminuye.

## Cuestión 7

Indique razonadamente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Toda reacción química exotérmica es espontánea.
- b) En toda reacción química espontánea, la variación de entropía es positiva.
- c) En el cambio de estado  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  se produce un aumento de entropía.

## Cuestión 8

Dada la reacción:  $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$ .

- a) Dibuje el diagrama de entalpía teniendo en cuenta que las energías de activación para la reacción directa e inversa son 134 kJ/mol y 360 kJ/mol.
- b) Justifique si la reacción directa es exotérmica o endotérmica.

## Cuestión 9

En una reacción en la que  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S < 0$ , se considera que ambas funciones termodinámicas permanecen constantes al cambiar la temperatura. Razone, en función de la temperatura, cuándo esta reacción:

- a) Estará en equilibrio.
- b) Será espontánea.

## Cuestión 10

Dada reacción:  $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$ ;  $\Delta H = 43 \text{ KJ}$ ;  $\Delta S = 80 \text{ J/K}$

- a) Justifique el signo positivo de la variación entropía.
- b) Si se supone que esas funciones termodinámicas no cambian con la temperatura ¿será espontánea la reacción a 27 °C?

## Cuestión 11

- a) Razone si cuando un sistema gaseoso se expande disminuye su energía interna.
- b) Justifique cómo varía la entropía en la reacción:  
 $2\text{KClO}_4(\text{s}) \rightarrow 2\text{KClO}_3(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$

## Termoquímica

## Cuestión 12

Razone la certeza o falsedad de las siguientes afirmaciones, en relación con un proceso exotérmico:

- a) La entalpía de los reactivos es siempre menor que la de los productos.
- b) El proceso siempre será espontáneo.

## Cuestión 13

Indique, razonadamente, cómo variará la entropía en los siguientes procesos:

- a) Disolución de nitrato de potasio,  $\text{KNO}_3$ , en agua.
- b) Solidificación del agua.
- c) Síntesis del amoníaco:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

## Cuestión 14

- a) Dibuje el diagrama entálpico de la reacción:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3$  sabiendo que la reacción directa es exotérmica y muy lenta, a presión atmosférica y temperatura ambiente.
- b) ¿Cómo se modifica el diagrama entálpico de la reacción anterior por efecto de un catalizador positivo?
- c) Justifique si la reacción inversa sería endotérmica o exotérmica.

## Cuestión 15

Justifique si es posible que:

- a) Una reacción endotérmica sea espontánea.
- b) Los calores de reacción a volumen constante y a presión constante sean iguales en algún proceso químico.

## RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

### Problema 1

Calcule la variación de entalpía de reacción estándar de hidrogenación del acetileno ( $C_2H_2$ ) para formar etano:

- a) A partir de las energías medias de enlace: (C-H)=414 kJ/mol; (H-H)=436 kJ/mol; (C-C)=347 kJ/mol; (C≡C)=837 kJ/mol.  
 b) A partir de las entalpías de formación estándar del etano,  $\Delta H_f^\circ(C_2H_6) = -85$  kJ/mol ; y del acetileno,  $\Delta H_f^\circ(C_2H_2) = 227$  kJ/mol .

### Problema 2

A partir de los datos suministrados, calcule la variación de la entalpía de formación estándar del propano.

Datos de energías medias de enlace en kJ/mol: (C-H)=414; (C-C)=347; (H-H)=436.  
 Dato de Entalpía de sublimación:  $C(s) \rightarrow C(g)$ ,  $\Delta H^\circ = 712$  kJ/mol .

### Problema 3

a) Calcule la variación de entalpía que se produce en la reacción de combustión del butano en condiciones estándar, enunciando los principios teóricos o leyes en los que se basa.

b) ¿Qué cantidad de calor se desprenderá en la combustión completa de los 12 kg de butano que contiene una bombona?

Datos: Entalpías de formación estándar:  $\Delta H_f^\circ[CO_2(g)] = -393$  kJ/mol ;

$\Delta H_f^\circ[H_2O(l)] = -286$  kJ/mol ;  $\Delta H_f^\circ[C_4O_{10}(g)] = -125$  kJ/mol .

Masas atómicas: H=1; C=12; O= 16.

### Problema 4

A partir de los datos tabulados correspondientes a energías de enlace:

Enlace	Energía de enlace (kJ/mol)
H-H	436
O=O	498
O-H	464

a) Calcule la entalpía de formación estándar del agua en estado gaseoso.

b) Compare el resultado obtenido por este método con el calculado a partir de sus elementos (-247 kJ/mol), aportando una posible explicación de discrepancia, si la hubiera.

## Termoquímica

### Problema 5

En un calorímetro adecuado a 25° C y 1 atm de presión, se queman completamente 5 cm<sup>3</sup> de etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) produciéndose dióxido de carbono gaseoso y agua líquida. El calor desprendido a presión constante, es 117'04 kJ. Calcule:

- La variación de entalpía de combustión estándar del etanol.
- La variación de energía interna a la temperatura de 25° C.

Datos: Densidad del etanol=0'79 g/cm<sup>3</sup>; R=8'31 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>.

Masas atómicas: H=1; C=12; O=16.

### Problema 6

Calcule la energía media de los enlaces químicos C-H y C-C utilizando los datos de la tabla siguiente:

Sustancia	Proceso	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)
CH <sub>4</sub> (g)	Formación	-74'8
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	Formación	-85
C(s)→C(g)	Sublimación	715
H <sub>2</sub> (g)	Disociación	436

### Problema 7

Las variaciones de entalpías de formación estándar del CH<sub>4</sub>(g), CO<sub>2</sub>(g) y H<sub>2</sub>O(l) son, respectivamente, -74'8 kJ/mol; -395 kJ/mol y -285'5 kJ/mol. Calcule:

- La variación de entalpía de combustión del metano.
- El calor producido en la combustión completa de 1 m<sup>3</sup> de metano medido en condiciones normales.

Dato: R=0'082 atm L K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>.

### Problema 8

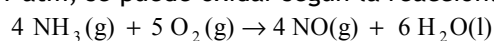
- Calcule la variación de entalpía de formación del amoníaco, a partir de los siguientes datos de energías de enlace: (H-H)=436 kJ/mol; (N-H)=389 kJ/mol; (N≡N)=946 kJ/mol.

- Calcule la variación de energía interna en la formación del amoníaco a la temperatura de 25°C.

Dato: R=8'31 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>.

### Problema 9

El amoníaco, a 25°C y 1 atm, se puede oxidar según la reacción:



Calcule:

- La variación de entalpía.
- La variación de energía interna.

Datos: R=8'31 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>,  $\Delta H_f^\circ [\text{NH}_3(\text{g})] = -46'2 \text{ kJ/mol}$  ;

$\Delta H_f^\circ [\text{NO}(\text{g})] = 90'4 \text{ kJ/mol}$  ;  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = -286'4 \text{ kJ/mol}$  .

## Termoquímica

## Problema 10

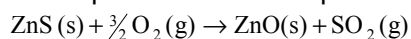
a) Calcule la variación de entalpía de formación estándar del acetileno (etino) a partir de las entalpías de combustión estándares (kJ/mol) del hidrógeno, carbono (grafito) y acetileno cuyos valores son, respectivamente: -285'3; -393'3 y -1298'3.

b) Calcule el calor desprendido, a presión constante, cuando se quema 1 kg de acetileno.

Datos. Masas atómicas: H=1; C=12.

## Problema 11

a) Calcule la variación de entalpía estándar correspondiente a la reacción:



b) ¿Qué calor se absorbe o desprende, a presión constante, cuando reaccionan 100 g de ZnS(s) con oxígeno en exceso?

Datos:  $\Delta H_f^\circ [\text{ZnS (s)}] = -202'9 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{ZnO (s)}] = -348'0 \text{ kJ/mol}$ ;

$\Delta H_f^\circ [\text{SO}_2 \text{ (g)}] = -296'1 \text{ kJ/mol}$ ; Masas atómicas: O=16; S=32; Zn=65'4.

## Problema 12

a) Calcule la variación de entalpía que se produce cuando se obtiene benceno a partir del acetileno (etino) según la reacción:  $3\text{C}_2\text{H}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \text{ (l)}$ , sabiendo que las entalpías de formación del acetileno gaseoso y del benceno líquido son 226'7 kJ/mol y -49'0 kJ/mol, respectivamente.

b) Calcule el calor producido, a presión constante, cuando se queman 100 g de acetileno gaseoso sabiendo que:

$\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2 \text{ (g)}] = -393 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O (l)}] = -286 \text{ kJ/mol}$

Masas atómicas: H=1; C=12.

## Problema 13

Dada la reacción:  $\text{CaCO}_3 \text{ (s)} \rightarrow \text{CaO (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)}$

a) Determine la cantidad de calor, a presión constante, que es necesario suministrar para descomponer 3 kg de carbonato de calcio.

b) Qué cantidad de carbonato de calcio se deberá utilizar para producir 7 kg de óxido de calcio si el rendimiento es del 90%.

Datos:  $\Delta H_f^\circ [\text{CaCO}_3 \text{ (s)}] = -1209'6 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2 \text{ (g)}] = -393 \text{ kJ/mol}$ ;

$\Delta H_f^\circ [\text{CaO (s)}] = -635'1 \text{ kJ/mol}$ ; Masas atómicas: C=12; O=16; Ca=40.

## Termoquímica

### Problema 14

Las entalpías de formación del agua líquida y del dióxido de carbono gas son respectivamente, -286 kJ/mol y -393 kJ/mol a 25 °C y la entalpía de combustión del acetileno es -1299 kJ/mol.

- Calcule la entalpía de formación del acetileno si consideramos que el agua formada en la combustión está en estado líquido.
- Sabiendo que la entalpía de formación del etano es -85 kJ/mol, calcule la entalpía de hidrogenación del acetileno según la reacción:  

$$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$$

### Problema 15

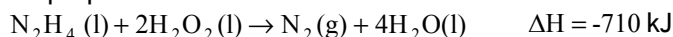
Uno de los alimentos más consumido es la sacarosa  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . Cuando reacciona con el oxígeno se transforma en dióxido de carbono y agua desprendiendo 348'9 kJ/mol, a la presión de una atmósfera. El torrente sanguíneo absorbe, por término medio, 26 moles de  $\text{O}_2$  en 24 horas. Con esta cantidad de oxígeno:

- ¿Cuántos gramos de sacarosa se pueden quemar al día?
- ¿Cuántos kJ se producirán en la combustión?

Datos: Masas atómicas: H=1; C=12; O=16.

### Problema 16

La reacción entre la hidracina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) y el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) se utiliza para la propulsión de cohetes:



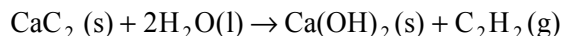
Las entalpías de formación de  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$  y del  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  son -187'8 y -286 kJ/mol, respectivamente.

- Calcule la entalpía de formación de la hidracina.
- ¿Qué volumen de nitrógeno, medido a 10 °C y 50 mm de mercurio, se producirá cuando reaccionen 64 g de hidracina?

Datos:  $R=0'082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Masas atómicas: H=1; N=14; O=16.

### Problema 17

- Calcule la variación de la entalpía de reacción estándar:



- Qué calor se desprende en la combustión de 100 dm<sup>3</sup> de acetileno,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , medidos a 25 °C y 1 atm.

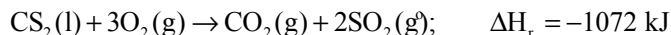
Datos:  $\Delta H_f^\circ [\text{CaC}_2(\text{s})] = -59'0 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})] = -393 \text{ kJ/mol}$ ;

$\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = -286 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^\circ [\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})] = -986 \text{ kJ/mol}$ ;

$\Delta H_f^\circ [\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})] = 227 \text{ kJ/mol}$

## Problema 18

Dadas las entalpías de formación estándar del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ),  $-393 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y del  $\text{SO}_2$ ,  $-296'8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y la de combustión del disulfuro de carbono:



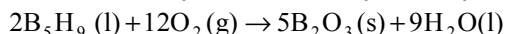
Calcule:

- La entalpía de formación estándar del disulfuro de carbono.
- La energía necesaria para la síntesis de 2'5 kg de disulfuro de carbono.

Datos de Masas atómicas: C=12; S=32.

## Problema 19

La combustión del pentaborano líquido se produce según la reacción:



- Calcule: La entalpía de reacción estándar.
- El calor que se desprende, a presión constante, en la combustión de un gramo de pentaborano.

Datos. Masas atómicas: H=1; B=11.  $\Delta H_f^\circ [\text{B}_5\text{H}_9(\text{l})] = 73'2 \text{ kJ/mol}$  ;

$\Delta H_f^\circ [\text{B}_2\text{O}_3(\text{s})] = -1263'6 \text{ kJ/mol}$  ;  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = -286 \text{ kJ/mol}$

## Problema 20

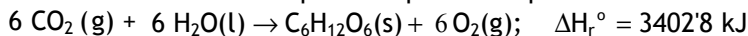
Determine los valores de las entalpías de las siguientes reacciones:

- $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$
- $\text{CH}_2 = \text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3(\text{g})$

Datos: Energías medias de enlace ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ); (H-H)=436'0; (Cl-Cl)=243; (C-H)=414; (C=C)=611; (H-Cl)=431; (C-C)=347.

## Problema 21

El proceso de fotosíntesis se puede representar por la ecuación:



Calcule:

- La entalpía de formación estándar de la glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .
- La energía necesaria para la formación de 500 g de glucosa mediante fotosíntesis.

Datos:  $\Delta H_f^\circ [\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = -285'8 \text{ kJ/mol}$  ;  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})] = -393 \text{ kJ/mol}$

Masas atómicas: C = 12; H = 1; O = 16.

## Problema 22

Calcule:

- La variación de entalpía estándar para la descomposición de 1 mol de carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , en dióxido de carbono,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , y óxido de calcio,  $\text{CaO}(\text{s})$ .
- La energía necesaria para preparar 3 kg de óxido de calcio.

Datos:  $\Delta H_f^\circ [\text{CaCO}_3(\text{s})] = -1209'6 \text{ kJ/mol}$  ;  $\Delta H_f^\circ [\text{CO}_2(\text{g})] = -393 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ [\text{CaO}(\text{s})] = -635'1 \text{ kJ/mol}$  . Masas atómicas: Ca=40; O=16.



## Termoquímica

### Problema 23

A efectos prácticos se puede considerar la gasolina como octano ( $C_8H_{18}$ ). Las entalpías de formación estándar de  $H_2O(g)$ ,  $CO_2(g)$  y  $C_8H_{18}(l)$  son, respectivamente:  $-241'8$  kJ/mol,  $-393$  kJ/mol y  $-250'0$  kJ/mol. Calcule:

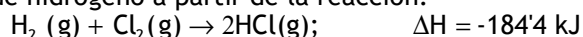
a) La entalpía de combustión estándar del octano líquido, expresada en kJ/mol, sabiendo que se forman  $CO_2$  y  $H_2O$  gaseosos.

b) La energía, en kilojulios, que necesita un automóvil por cada kilómetro, si su consumo es de 5 L de octano líquido por cada 100 km.

Datos: Densidad del octano líquido  $=0'8$  kg/L. Masas atómicas: C=12; H=1.

### Problema 24

Se obtiene cloruro de hidrógeno a partir de la reacción:



Calcule:

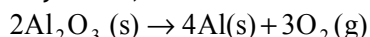
a) La energía desprendida para la producción de 100 kg de cloruro de hidrógeno.

b) La entalpía del enlace H-Cl, si las entalpías de enlace H-H y Cl-Cl son, respectivamente, 436 kJ/mol y 243 kJ/mol.

Datos de Masas atómicas: Cl=35'5; H=1.

### Problema 25

A  $25^\circ C$  y 1 atm, la variación de entalpía es 3351 kJ para la reacción:



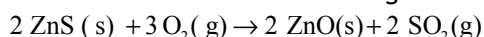
Calcule: a) La entalpía de formación estándar del  $Al_2O_3$ .

b) La variación de entalpía cuando se forman 10 g de  $Al_2O_3$ , en las mismas condiciones de presión y temperatura.

Masas atómicas: Al=27; O=16.

### Problema 26

El sulfuro de cinc al tratarlo con oxígeno reacciona según:



Si las entalpías de formación de las diferentes especies son:

$$\Delta H_f^\circ [ZnS(s)] = -202'9 \text{ kJ/mol}; \quad \Delta H_f^\circ [ZnO(s)] = -348'3 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_f^\circ [SO_2(g)] = -296'8 \text{ kJ/mol}.$$

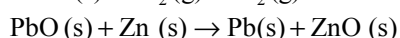
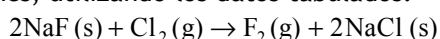
a) ¿Cuál será el calor, a presión constante de una atmósfera, que se desprenderá cuando reaccionen 17 gramos de sulfuro de cinc con exceso de oxígeno?

b) ¿Cuántos litros de  $SO_2$ , medidos a  $25^\circ C$  y una atmósfera, se obtendrán?

Datos:  $R=0'082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Masas atómicas: O=16; S=32; Zn=65,4.

### Problema 27

a) Calcule la variación de energía libre estándar, a  $25^\circ C$ , para las siguientes reacciones, utilizando los datos tabulados:



b) A la vista de los resultados, comente la conveniencia o no de utilizar estas reacciones en la obtención de flúor y plomo respectivamente:

Datos.	NaF	NaCl	PbO	ZnO	Cl <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	Zn	Pb
$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	-569	-411	-276	-348	-	-	-	-
$S^\circ$ (J/K.mol)	51'5	72'1	76'6	43'6	223	202'8	41'6	64'8