



Se indican problemas o apartados que en su totalidad están limitados a energía y espontaneidad; hay otros problemas en los que se usan conceptos pero no se incluyen aquí; por ejemplo en electroquímica se maneja la espontaneidad. En el momento de revisión de este documento el último problema es de 2016, ya que en curso 2016-2017 este bloque de contenido pasó a estar en 1º Bachillerato.

### 2016-Septiembre

**Pregunta B5.-** El  $\text{NCl}_3$  se puede obtener según la reacción  $\text{NH}_3(\text{g}) + 3 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NCl}_3(\text{g}) + 3 \text{HCl}(\text{g})$ . Si se liberan 15,5 kJ cuando reacciona totalmente 1 L de  $\text{NH}_3$ , medido a 25 °C y 0,75 atm, calcule:

- $\Delta H^\circ$  de la reacción de obtención de  $\text{NCl}_3$  descrita en el enunciado.
- $\Delta H_f^\circ$  para el  $\text{NCl}_3$ .

Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{NH}_3 = -46,1$ ;  $\text{HCl} = -92,3$ .

### 2016-Junio

**Pregunta A4.-** Para la descomposición térmica del carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ , calcule:

- La variación de entalpía de la reacción.
- La variación de entropía de la reacción.
- La temperatura a partir de la cual el carbonato de calcio se descompone espontáneamente.
- El calor intercambiado en la descomposición total de una muestra de  $\text{CaCO}_3$  si se obtienen 10,1 g de  $\text{CaO}$ .

Datos.  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{CaCO}_3(\text{s}) = -1207$ ;  $\text{CO}_2(\text{g}) = -394$ ;  $\text{CaO}(\text{s}) = -633$ .

$S^\circ$  ( $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ):  $\text{CaCO}_3(\text{s}) = 93$ ;  $\text{CO}_2(\text{g}) = 214$ ;  $\text{CaO}(\text{s}) = 40$ . Masas atómicas:  $\text{C}=12$ ;  $\text{O}=16$ ;  $\text{Ca}=40$ .

### 2016-Modelo

**Pregunta B2.-** El amoníaco gas, a 25 °C, puede oxidarse en presencia de oxígeno molecular, dando  $\text{NO}$  y agua.

- Escriba y ajuste esta reacción, y calcule su variación de entalpía.
- Calcule  $\Delta G^\circ$  para la reacción indicada.
- Calcule  $\Delta S^\circ$  a 25 °C y justifique su signo.
- Determine la temperatura a partir de la cual la reacción es espontánea.

Datos:  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{NH}_3(\text{g}) = -46$ ;  $\text{NO}(\text{g}) = 90$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286$ .  $\Delta G_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{NH}_3(\text{g}) = -17$ ;  $\text{NO}(\text{g}) = 86$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -237$ .  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### 2015-Septiembre

**Pregunta A2.-** Indique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones, justificando su respuesta:

- Una reacción espontánea nunca puede ser endotérmica.

**Pregunta B3.-** La reacción entre gases  $2 \text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 3 \text{C}$  tiene  $\Delta H = -120 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , y para la reacción inversa  $E_a = 180 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- Si para esta reacción  $\Delta S < 0$ , explique si la reacción del enunciado es espontánea a temperaturas altas o bajas.

**Pregunta B4.-** Considere la reacción de combustión del butano gaseoso.

- Formule y ajuste dicha reacción.
- Estime la variación de entalpía de la reacción a partir de las energías de enlace.
- Calcule la variación de entalpía de la reacción a partir de las entalpías de formación.
- Teniendo en cuenta que en el apartado b) se supone que los productos están en estado gaseoso, utilice los resultados de los apartados b) y c) para estimar la entalpía de vaporización molar del agua.

Datos. Energías enlace ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{C-H} = 415,0$ ;  $\text{C-C} = 347,0$ ;  $\text{O-H} = 460,0$ ;  $\text{C=O} = 802,0$ ;  $\text{O=O} = 498,0$ .

Entalpías de formación estándar ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ): butano (g) =  $-125,6$ ;  $\text{CO}_2$  (g) =  $-393,5$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  (l) =  $-285,8$ .

### 2015-Junio-Coincidentes

**Pregunta A3.-** Para la reacción de combustión del 1,3-butadieno:

- Escriba y ajuste la reacción.
- Calcule la entalpía de la reacción e indique si es exotérmica o endotérmica.
- Justifique cuál será el signo de la variación de entropía de la reacción.
- Razone si la reacción es espontánea a temperaturas altas o bajas.

Datos.  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ): butadieno (g) =  $108,8$ ;  $\text{CO}_2$  (g) =  $-393,5$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  (l) =  $-285,8$ .





**Pregunta B4.-** Considerando como combustibles el metano y el propano:

- Escriba y ajuste sus reacciones de combustión.
- Calcule las entalpías de las reacciones de combustión del metano y del propano.
- Determine los gramos de  $\text{CO}_2$  que se desprenden cuando se quema 1 kg de cada combustible.
- Justifique si se obtiene más energía al quemar 1 kg de metano o 1 kg de propano.

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

$\Delta H_f^\circ$  (metano, g) =  $-74,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ$  (propano, g) =  $-103,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;

$\Delta H_c^\circ$  (C, s) =  $-393,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_c^\circ$  (hidrógeno molecular, g) =  $-285,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### 2015-Junio

**Pregunta A2.-** Escriba las reacciones químicas ajustadas a las que corresponden las siguientes variaciones de entalpía estándar, incluyendo el estado de agregación de reactivos y productos. Indique si son reacciones endotérmicas o exotérmicas.

- $\Delta H_f^\circ$  propano (g) =  $-103,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- $\Delta H_f^\circ$  pentaóxido de dinitrógeno (g) =  $90,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- $\Delta H^\circ_{\text{combustión}}$  ácido propanoico (l) =  $-1527 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- $\Delta H_f^\circ$  eteno (g) =  $52,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

**Pregunta B5.-** Para la reacción:  $2 \text{NH}_3 (\text{g}) + 5/2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO} (\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ :

- Calcule la entalpía estándar de la reacción. Indique si la reacción es exotérmica.
- Prediga el signo de la entropía y justifique en qué condiciones de temperatura la reacción es espontánea.

c) Calcule la masa (en kg) de NO que se produce en la combustión de 1 kg de amoníaco.

Datos.  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{NH}_3$  (g) =  $-46,19$ ; NO(g) =  $90,29$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  (l) =  $-285,8$ . Masas atómicas: H = 1; N = 14; O = 16.

### 2014-Septiembre

**Pregunta B5.-** Se denominan gases licuados del petróleo (GLP) a mezclas de propano y butano que pueden utilizarse como combustible en diferentes aplicaciones. Cuando se quema 1 kg de una muestra de GLP en exceso de oxígeno, se desprenden  $4,95 \times 10^4 \text{ kJ}$ . Calcule:

- Las entalpías molares de combustión del propano y del butano.
- Las cantidades (en moles) de propano y butano presentes en 1 kg de la muestra de GLP.
- La cantidad (en kg) de  $\text{CO}_2$  emitida a la atmósfera en la combustión de 1 kg de la muestra de GLP.

Datos.  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ): propano (l) =  $-119,8$ ; butano (l) =  $-148,0$ ;  $\text{CO}_2$  (g) =  $-393,5$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  (l) =  $-285,8$ . Masas atómicas: H = 1; C = 12; O = 16.

### 2014-Junio-Coincidentes

**Pregunta A4.-** El pentaborano-9,  $\text{B}_5\text{H}_9$ , es un líquido cuya reacción con oxígeno molecular genera  $\text{B}_2\text{O}_3$  (s) y agua líquida.

- Escriba y ajuste la reacción de combustión descrita en el enunciado.
- Calcule  $\Delta H^\circ$  de dicha reacción de combustión.
- Razone si la reacción de combustión del  $\text{B}_5\text{H}_9$  será o no espontánea en algún intervalo de temperatura.
- Calcule el calor intercambiado en la combustión de 22 g de  $\text{B}_5\text{H}_9$ .

Datos. Entalpías de formación estándar ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{B}_5\text{H}_9$  (l) =  $-73,2$ ;  $\text{B}_2\text{O}_3$  (s) =  $-1270$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  (l) =  $-286$ . Masas atómicas: H = 1,0; B = 10,8.

**Pregunta B3.-** La reacción  $\text{A} (\text{g}) + \text{B} (\text{g}) \rightarrow \text{C} (\text{g})$ , con  $\Delta H^\circ = 28 \text{ kJ}$ , es una reacción elemental. Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- La reacción será espontánea solo a altas temperaturas.

### 2014-Junio

**Pregunta A4.-**

El denominado "gas de síntesis" se obtiene al calentar carbón a temperaturas elevadas en presencia de vapor de agua, obteniéndose hidrógeno molecular y monóxido de carbono.

- Formule la reacción de obtención del gas de síntesis.
- Calcule el calor intercambiado cuando reaccionan 150 g de carbón, suponiendo que su contenido en carbono es del 80% en masa.
- Calcule el volumen de monóxido de carbono desprendido en la reacción del apartado anterior, medido a 2000 mm Hg y 300 °C.

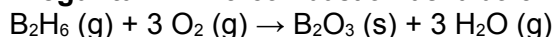




Datos:  $\Delta H_f^\circ$  (kJ·mol<sup>-1</sup>): CO (g) = -110,5; H<sub>2</sub>O = -242,8. Masa atómica: C = 12.  
R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

### 2014-Modelo

**Pregunta B4.-** La combustión del diborano (B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) ocurre según la siguiente reacción:



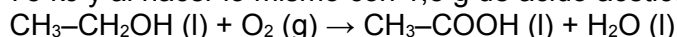
- Calcule la entalpía de la reacción de combustión.
- Calcule la energía que se libera cuando reaccionan 4,0 g de B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.
- ¿Qué dato adicional necesitaría para calcular la entalpía de formación del diborano gaseoso si solo dispusiera de la entalpía de combustión del diborano (g) y de las entalpías de formación del B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (s) y del agua líquida?

Datos. Masas atómicas: B = 10,8; O = 16,0; H = 1,0.

Entalpías de formación (en kJ·mol<sup>-1</sup>): B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (g) = -57; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (s) = -1273; H<sub>2</sub>O (g) = -241.

### 2013-Septiembre

**Pregunta B4.-** Sabiendo que, en condiciones estándar, al quemar 2,5 g de etanol se desprenden 75 kJ y al hacer lo mismo con 1,5 g de ácido acético se obtienen 21 kJ, calcule para el proceso:



- Los calores de combustión molares de etanol y ácido acético.
- El valor de  $\Delta H^\circ$  de la reacción del enunciado.
- El valor de  $\Delta U^\circ$  de la reacción del enunciado.

Datos. R = 8,31 J·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>. Masas atómicas: H = 1, C = 12 y O = 16.

### 2013-Junio-Coincidentes

**Pregunta A4.-** Un método para obtener acetileno (etino) consiste en tratar con agua el carburo de calcio (CaC<sub>2</sub>). Como productos se obtienen acetileno e hidróxido de calcio. A partir de los datos:

- Escriba la reacción ajustada.
- Calcule la entalpía de formación estándar del acetileno.
- Calcule la entalpía de la reacción de obtención del acetileno del enunciado.

Datos. Entalpía de formación (kJ·mol<sup>-1</sup>): CO<sub>2</sub> (g) = -393; H<sub>2</sub>O (l) = -286; CaC<sub>2</sub> (s) = -59; Ca(OH)<sub>2</sub> = -986; Entalpía de combustión del acetileno (kJ·mol<sup>-1</sup>) = -1296.

### 2013-Junio

**Pregunta A4.-** El propano es uno de los combustibles fósiles más utilizados.

- Formule y ajuste su reacción de combustión.
- Calcule la entalpía estándar de combustión e indique si el proceso es exotérmico o endotérmico.
- Calcule los litros de dióxido de carbono que se obtienen, medidos a 25 °C y 760 mm de Hg, si la energía intercambiada ha sido de 5990 kJ.

Datos. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>. Energías medias de enlace (kJ·mol<sup>-1</sup>): (C-C) = 347; (C-H) = 415; (O-H) = 460; (O=O) = 494 y (C=O) = 730.

### 2013-Modelo

**Pregunta A1.-** Cuando se trata agua líquida con exceso de azufre sólido en un recipiente cerrado, a 25 °C, se obtienen los gases sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre.

d) Indique el signo de la variación de entropía del proceso

**Pregunta A4.-** En un acuario es necesario que haya una cierta cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto en el agua para que las plantas sumergidas puedan realizar la fotosíntesis, en la que se libera oxígeno que ayuda a su vez a la respiración de los peces. Si suponemos que en la fotosíntesis el CO<sub>2</sub> se transforma en glucosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>):

- Formule y ajuste la reacción global del proceso de la fotosíntesis.
- Calcule cuántos gramos de CO<sub>2</sub> hay que aportar al acuario en un día, para mantener una población de peces que consume en ese periodo 10 L de O<sub>2</sub>, medidos a 700 mm de Hg y 22 °C.
- Calcule cuántos gramos de glucosa se producen en las plantas del acuario en un día.
- Determine la entalpía de reacción del proceso de la fotosíntesis.

Datos. Entalpías de formación (kJ mol<sup>-1</sup>): agua (l) = -286; CO<sub>2</sub> (g) = -394; glucosa (s) = -1271  
Masas atómicas: C = 12; H = 1; O = 16. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

### 2012-Septiembre

**Pregunta A4.-** La levadura y otros microorganismos fermentan la glucosa a etanol y dióxido de carbono: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>(s) → 2C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH(l) + 2CO<sub>2</sub>(g)





- a) Aplicando la ley de Hess, calcule la entalpía estándar de la reacción.  
 b) Calcule la energía desprendida en la obtención de 4,6 g de etanol a partir de glucosa.  
 c) ¿Para qué temperaturas será espontánea la reacción? Razone la respuesta.  
 Datos. Entalpías de combustión estándar ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ): glucosa =  $-2813$ ; etanol =  $-1367$ .  
 Masas atómicas: C = 12; H = 1; O = 16.

### 2012-Junio

**Pregunta A4.-** El método de Berthelot para la obtención de benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) consiste en hacer pasar acetileno (etino) a través de un tubo de porcelana calentado al rojo:

- a) Escriba y ajuste la reacción de obtención.  
 b) Determine la energía (expresada en kJ) que se libera en la combustión de 1 gramo de benceno.  
 c) Calcule  $\Delta H^\circ$  de la reacción de formación del benceno a partir del acetileno.  
 Datos. Masas atómicas: H=1 y C=12. Entalpías de combustión ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ): Acetileno:  $-1300$ ;  
 Benceno:  $-3270$ .

### 2012-Modelo

**Pregunta 5A.-** Se quema 1 tonelada de carbón, que contiene un 8% (en peso) de azufre, liberando como gases de combustión  $\text{CO}_2$  y  $\text{SO}_2$ . Calcule:

- a) El calor total obtenido en dicha combustión.  
 b) El volumen de  $\text{CO}_2$  desprendido, medido a 1 atm y 300 K.  
 c) La masa de  $\text{SO}_2$  desprendida.  
 d) Si todo el  $\text{SO}_2$  se convirtiese en ácido sulfúrico, generando lluvia ácida, ¿qué masa de ácido sulfúrico se puede producir? Suponga que un mol de  $\text{SO}_2$  produce un mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
 Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Masas atómicas: H = 1; C = 12; O = 16; S = 32.  
 $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{CO}_2 = -393$ ;  $\text{SO}_2 = -297$ .

**Pregunta 4B.-** Se quema benceno en exceso de oxígeno, liberando energía.

- a) Formule la reacción de combustión del benceno.  
 b) Calcule la entalpía de combustión estándar de un mol de benceno líquido.  
 c) Calcule el volumen de oxígeno, medido a 25 °C y 5 atm, necesario para quemar 1 L de benceno líquido.  
 d) Calcule el calor necesario para evaporar 10 L de benceno líquido.  
 Datos.  $\Delta H_f^\circ$  ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ): benceno (l) = 49; benceno (v) = 83; agua (l) =  $-286$ ;  $\text{CO}_2$  (g) =  $-393$ .  
 Densidad benceno (l) =  $0,879 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Masas atómicas: C = 12; H = 1;  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### 2011-Septiembre

**Pregunta 4A.-** El acetileno o etino ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) se hidrogena para producir etano. Calcule a 298 K:

- a) La entalpía estándar de la reacción.  
 b) La energía de Gibbs estándar de reacción.  
 c) La entropía estándar de reacción.  
 d) La entropía molar del hidrógeno.

Datos a 298 K	$\Delta H_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$\Delta G_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$S^\circ / \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
$\text{C}_2\text{H}_2$	227	209	200
$\text{C}_2\text{H}_6$	-85	-33	230

**Pregunta 1B.-** Considere los procesos de licuación del hidrógeno:  $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{l})$ ,  $\Delta H_l = -1,0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ; y de combustión del mismo gas:  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\Delta H_c = -242 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) En ambos procesos  $S < 0$ .  
 b) Ambos procesos son espontáneos a cualquier temperatura.  
 c) Para la combustión  $\text{H}_2(\text{l}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  se tiene  $\Delta H'_c = -241 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .  
 d) La energía de cada enlace O-H es  $242/2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### 2011-Junio

**Pregunta 4A.-** La entalpía de combustión de un hidrocarburo gaseoso  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  es de  $-2220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Calcule:

- a) La fórmula molecular de este hidrocarburo.  
 b) La energía desprendida en la combustión de 50 L de este gas, medidos a 25 °C y 1 atm.  
 c) La masa de  $\text{H}_2\text{O}$  (l) que se obtendrá en la combustión anterior.  
 Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; Entalpías de formación ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{CO}_2(\text{g}) = -393$ ;





$H_2O(l) = -286$ ;  $C_nH_{2n+2}(g) = -106$ . Masas atómicas: H = 1; O = 16.

**Pregunta 2B.-** Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas, justificando en cada caso su respuesta:

- Si una reacción es endotérmica y se produce un aumento de orden del sistema entonces nunca es espontánea.
- Las reacciones exotérmicas tienen energías de activación negativas.
- Si una reacción es espontánea y  $\Delta S$  es positivo, necesariamente debe ser exotérmica.
- Una reacción  $A + B \rightarrow C + D$  tiene  $\Delta H = -150$  kJ y una energía de activación de 50 kJ, por tanto la energía de activación de la reacción inversa es de 200 kJ.

### 2011-Modelo

**Pregunta 4A.-** Para la reacción  $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ , calcule:

- La entalpía y la energía Gibbs de reacción estándar a 298 K.
- La entropía de reacción estándar a 298 K.
- La temperatura a partir de la cuál la reacción es espontánea en condiciones estándar.
- ¿Cuál es el valor de la entropía molar del  $Cl_2$ ?

Datos a 298 K.

	$\Delta H_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$\Delta G_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$S^\circ / \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
$PCl_5$	-374,9	-305	365
$PCl_3$	-287	-267,8	312

**Pregunta 1B.-** Considerando la ecuación termoquímica de evaporación del agua:  $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$ , y teniendo en cuenta que para evaporar agua líquida es necesario calentar, justifique utilizando criterios termodinámicos las siguientes afirmaciones (todas ellas verdaderas):

- Si a presión atmosférica la temperatura se eleva por encima de la temperatura de ebullición se tiene únicamente vapor de agua.
- La evaporación del agua tiene  $\Delta S^\circ > 0$ .
- El cambio de energía interna del proceso es menor que el cambio de entalpía.

### 2010-Septiembre-Fase General

**Problema 2A.-** Para el proceso  $Fe_2O_3 + 2 Al \rightarrow Al_2O_3 + 2 Fe$ , calcule:

- La entalpía de reacción en condiciones estándar.
- La cantidad de calor que se desprende al reaccionar 16 g de  $Fe_2O_3$  con cantidad suficiente de aluminio.
- La masa de óxido de aluminio obtenido en la reacción del apartado anterior.

Datos.  $2 Al + 3/2 O_2 \rightarrow Al_2O_3$ ,  $\Delta H^\circ = -1672$  kJ·mol<sup>-1</sup>

$2 Fe + 3/2 O_2 \rightarrow Fe_2O_3$ ,  $\Delta H^\circ = -836$  kJ·mol<sup>-1</sup>

Masas atómicas: Fe = 56; O = 16; Al = 27

**Cuestión 1B.-** Considere las dos reacciones siguientes en las que todas las especies son gases ideales:



- Escriba para cada una de ellas la relación existente entre su variación de entalpía y su variación de energía interna.
- Indique razonadamente cuál de ellas tendrá mayor variación de entropía.

### 2010-Septiembre-Fase Específica

**Problema 1A.-** El etanol se utiliza como alternativa a la gasolina en algunos motores de vehículos.

- Escriba la reacción ajustada de combustión del etanol para dar dióxido de carbono y agua, y calcule la energía liberada cuando se quema una cantidad de etanol suficiente para producir 100 L de dióxido de carbono, medido a 1 atm y 25 °C.
- Calcule la energía necesaria para romper todos los enlaces de una molécula de etanol, expresando el resultado en eV.

Datos.  $N_A = 6,022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>; 1 eV =  $1,6 \times 10^{-19}$  J; R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

Energías de enlace (kJ·mol<sup>-1</sup>), C–C: 347; C–O: 351; C–H: 414; O–H: 460.

$\Delta H_f^\circ$  (kJ·mol<sup>-1</sup>): etanol (l) = -277,6; agua (l) = -285,8; dióxido de carbono (g) = -393,5.

**Cuestión 2B.-** La síntesis del amoníaco según la reacción en fase gaseosa,  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$ , es un buen ejemplo para diferenciar factores cinéticos y termodinámicos.

- Escriba la expresión para calcular la entalpía de esta reacción en función de las entalpías de





formación y justifique que dicha reacción es exotérmica.

b) Justifique, desde el punto de vista termodinámico, que dicha reacción está favorecida a bajas temperaturas.

Dato.  $\Delta H_f^\circ(\text{NH}_3) < 0$ .

**Cuestión 3B.-** Considere las siguientes reacciones químicas:

(I)  $A + B \rightarrow C$ ;  $\Delta H_I = -145 \text{ kJ}$ ; (II)  $3A \rightarrow D + E$ ;  $\Delta H_{II} = +250 \text{ kJ}$

a) Dibuje un diagrama entálpico para cada una de las reacciones, justificando los dibujos.

b) Considerando que las dos reacciones anteriores tienen variación de entropía negativa ( $\Delta S < 0$ ), indique razonadamente cuál de ellas no puede ser espontánea a ninguna temperatura.

### 2010-Junio-Coincidentes

**Problema 1A.-** El octano es un componente de las gasolinas y su densidad es  $0,70 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Calcule:

a) La entalpía de combustión estándar de un mol de octano líquido.

b) La energía desprendida en la combustión de 2L de octano.

c) El volumen de oxígeno, medido a  $37^\circ\text{C}$  y 2 atm, que se gastará en la combustión anterior.

Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; masas atómicas: C = 12; H = 1

Entalpías de formación ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{CO}_2(\text{g}) = -393$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286$ ; octano(l) = -250.

**Cuestión 2B.-** Para la reacción  $\text{C}(\text{grafito}) \rightarrow \text{C}(\text{diamante})$ ,  $\Delta H = 1,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y  $\Delta G = 2,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . A partir de estos datos, conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

a) ¿Cuál es la forma más estable del carbono, el diamante o el grafito?

b) ¿Cuál es el valor de la entalpía de formación estándar del diamante?

c) Dibuje un diagrama energético de las especies involucradas para justificar si desprende más energía quemar un gramo de grafito o quemar un gramo de diamante.

### 2010-Junio-Fase General

**Problema 1A.-** Sabiendo que se desprenden  $890,0 \text{ kJ}$  por cada mol de  $\text{CO}_2$  producido según la siguiente reacción:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , calcule:

a) La entalpía de formación del metano.

b) El calor desprendido en la combustión completa de un 1 kg de metano.

c) El volumen de  $\text{CO}_2$ , medido a  $25^\circ\text{C}$  y 1 atm, que se produce en la combustión completa de 1 kg de metano

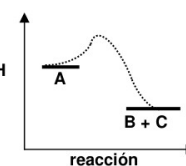
Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; Masas atómicas: C = 12; H = 1;

Entalpías de formación estándar ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285,8$ ;  $\text{CO}_2(\text{g}) = -393,5$ .

**Cuestión 1B.-** El diagrama energético adjunto corresponde a una reacción

química  $A \rightleftharpoons B + C$ , para la cual  $\Delta S = 60 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$  y el valor absoluto de la variación de entalpía es  $|\Delta H| = 45 \text{ kJ}$ .

a) Justifique si la reacción es espontánea a  $25^\circ\text{C}$ .



### 2010-Junio-Fase Específica

**Problema 1A.-** Los combustibles de automóvil son mezclas complejas de hidrocarburos.

Supongamos que la gasolina responde a la fórmula  $\text{C}_9\text{H}_{20}$ , cuyo calor de combustión es  $\Delta H_c = -6160 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , mientras que el gasoil responde a la fórmula  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ , cuyo calor de combustión es  $\Delta H_c = -7940 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

a) Formule las reacciones de combustión de ambos compuestos y calcule la energía liberada al quemar 10 L de cada uno.

b) Calcule la masa de dióxido de carbono liberada cuando se queman 10 L de cada uno.

Datos. Masas atómicas: C = 12; H = 1; O = 16. Densidades: gasolina =  $718 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ; gasoil =  $763 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

### 2010-Modelo

**Problema 1A.-** En la reacción de combustión del metanol líquido se produce  $\text{CO}_2(\text{g})$  y  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .

Sabiendo que el metanol tiene una densidad de  $0,79 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , calcule:

a) La entalpía estándar de combustión del metanol líquido.

b) La energía desprendida en la combustión de 1 L de metanol.

c) El volumen de oxígeno necesario para la combustión de 1 L de metanol, medido a  $37^\circ\text{C}$  y 5 atm.

Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Masas atómicas: C = 12; O = 16; H = 1.

Entalpías estándar de formación en  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ : metanol (l) = -239;  $\text{CO}_2(\text{g}) = -393$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -294$ .

**Cuestión 1B.-** Considere la combustión de tres sustancias: carbón, hidrógeno molecular y etanol.

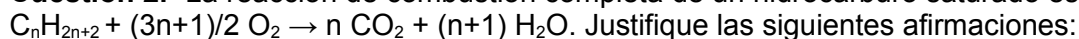




- Ajuste las correspondientes reacciones de combustión.
- Indique razonadamente cuáles de los reactivos o productos de las mismas tienen entalpía de formación nula.
- Escriba las expresiones para calcular las entalpías de combustión de cada una de las tres reacciones a partir de las entalpías de formación.
- Escriba la expresión de la entalpía de formación del etanol en función únicamente de las entalpías de combustión de las reacciones del apartado a).

### 2009-Septiembre

**Cuestión 2.-** La reacción de combustión completa de un hidrocarburo saturado es:



Justifique las siguientes afirmaciones:

- Si todos los hidrocarburos tuviesen igual valor de entalpía de formación, se desprendería mayor cantidad de energía cuanto mayor fuera el valor de  $n$ .
- El valor de la entalpía de reacción no cambia si la combustión se hace con aire en lugar de oxígeno.
- Cuando la combustión no es completa se obtiene CO y la energía que se desprende es menor.
- El estado de agregación del  $H_2O$  afecta al valor de la energía desprendida, siendo mayor cuando se obtiene en estado líquido.

Datos.  $\Delta H_f^0$  (kJ·mol<sup>-1</sup>):  $CO_2 = -393$ ,  $CO = -110$ ,  $H_2O(l) = -285$ ,  $H_2O(v) = -241$ .

**Cuestión 3.-** En las siguientes comparaciones entre magnitudes termodinámicas y cinéticas indique qué parte de la afirmación es falsa y qué parte es cierta:

- En una reacción exotérmica tanto la entalpía de reacción como la energía de activación son negativas.

**Problema 1A.-** Uno de los métodos de propulsión de misiles se basa en la reacción de la hidracina,  $N_2H_4(l)$ , y el peróxido de hidrógeno,  $H_2O_2(l)$ , para dar nitrógeno molecular y agua líquida, siendo la variación de entalpía del proceso  $-643$  kJ·mol<sup>-1</sup>.

- Formule y ajuste la reacción que tiene lugar.
- ¿Cuántos litros de nitrógeno medidos a 20 °C y 50 mm de mercurio se producirán si reaccionan 128 g de  $N_2H_4(l)$ ?
- ¿Qué cantidad de calor se liberará en el proceso?
- Calcule la entalpía de formación de la hidracina,  $N_2H_4(l)$ .

Datos.  $R = 0,082$  atm·L·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>;  $\Delta H_f^0(H_2O_2, l) = -187,8$  kJ·mol<sup>-1</sup>;  $\Delta H_f^0(H_2O, l) = -241,8$  kJ·mol<sup>-1</sup>

Masas atómicas: H = 1; N = 14.

### 2009-Junio

**Problema 1A.-** Para la reacción  $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

- Calcule la entalpía de reacción a 25 °C.
- Calcule hasta qué temperatura la reacción será espontánea, sabiendo que para esta reacción  $\Delta S^0 = -146,4$  J·K<sup>-1</sup>.
- Si reaccionan 2L de NO, medidos a 293K y 1,2 atm, con exceso de  $O_2$  ¿Cuánto calor se desprenderá?

Datos.  $\Delta H_f^0(NO, g) = 90,25$  kJ·mol<sup>-1</sup>;  $\Delta H_f^0(NO_2, g) = 33,18$  kJ·mol<sup>-1</sup>;  $R = 0,082$  atm·L·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>

### 2009-Modelo

**Cuestión 2.-** El etanol y el dimetil éter son dos isómeros de función, cuyas entalpías de formación son  $\Delta H_f^0(\text{etanol}) = -235$  kJ·mol<sup>-1</sup> y  $\Delta H_f^0(\text{dimetil éter}) = -180$  kJ·mol<sup>-1</sup>.

- Escriba las reacciones de formación y de combustión de ambos compuestos.
- Justifique cuál de las dos entalpías de combustión de estos compuestos es mayor en valor absoluto, teniendo en cuenta que los procesos de combustión son exotérmicos.

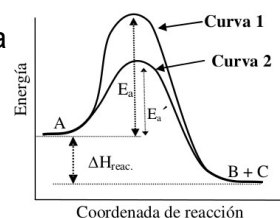
### 2008-Septiembre

**Cuestión 3.-** Considerando el diagrama de energía que se muestra, para la reacción  $A \rightarrow B + C$ , conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

- ¿La reacción es exotérmica o endotérmica?

**Problema 1A.-** Para la reacción de hidrogenación del eteno ( $CH_2=CH_2$ ), determine:

- La entalpía de reacción a 298 K.
- El cambio de energía Gibbs de reacción a 298 K.
- El cambio de entropía de reacción a 298 K.





d) El intervalo de temperaturas para el que dicha reacción no es espontánea.

Datos a 298 K	CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>
$\Delta H_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	52,3	-84,7
$\Delta G_f^\circ / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	68,1	-32,9

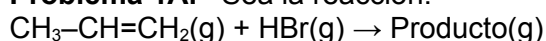
### 2008-Junio

**Cuestión 2.**– Considere la reacción química siguiente:  $2\text{Cl}(\text{g}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g})$

Conteste de forma razonada:

- ¿Qué signo tiene la variación de entalpía de dicha reacción?
- ¿Qué signo tiene la variación de entropía de esta reacción?
- ¿La reacción será espontánea a temperaturas altas o bajas?
- ¿Cuánto vale  $\Delta H$  de la reacción, si la energía de enlace Cl-Cl es  $243 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ?

**Problema 1A.**– Sea la reacción:



b) Calcule  $\Delta H$  de la reacción.

c) Calcule la temperatura a la que la reacción será espontánea.

Datos.  $\Delta S_{\text{reacción}}^\circ = -114,5 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2) = 20,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{HBr}) = -36,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{producto mayoritario}) = -95,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

### 2008-Modelo

**Problema 1B.**- La urea,  $\text{H}_2\text{N}(\text{CO})\text{NH}_2$ , es una sustancia soluble en agua, que sintetizan multitud de organismos vivos, incluyendo los seres humanos, para eliminar el exceso de nitrógeno. A partir de los datos siguientes, calcule:

- Ajuste la reacción de formación de la urea,  $\text{H}_2\text{N}(\text{CO})\text{NH}_2(\text{s})$ , a partir de amoníaco,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , y dióxido de carbono,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , sabiendo que en la misma también se produce  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . Obtenga a entalpía de formación de la misma.
- Calcule la entalpía del proceso de disolución de la urea en agua.
- Razone si un aumento de temperatura favorece o no el proceso de disolución de la urea. Entalpías de formación estándar (en  $\text{kJ/mol}$ ):  $\text{NH}_3(\text{g}) = -46,11$ ;  $\text{H}_2\text{N}(\text{CO})\text{NH}_2(\text{s}) = -333,19$ ;  $\text{H}_2\text{NCONH}_2(\text{aq}) = -319,2$ ;  $\text{CO}_2(\text{g}) = -393,51$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -285,83$ .

### 2007-Septiembre

**Problema 2B.**– Se hacen reaccionar 12,2 L de cloruro de hidrógeno, medidos a  $25^\circ\text{C}$  y 1 atm, con un exceso de 1-buteno para dar lugar a un producto P.

- Determine la energía Gibbs estándar de reacción y justifique que la reacción es espontánea.
- Calcule el valor de la entalpía estándar de reacción.
- Determine la cantidad de calor que se desprende al reaccionar los 12,2 L de HCl.

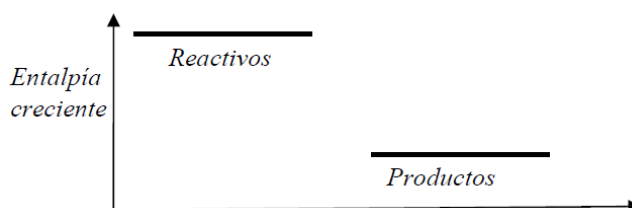
Datos.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

	$\Delta H_f^\circ(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	$\Delta G_f^\circ(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$
1-buteno	-0,54	70,4
HCl	-92,3	-95,2
Producto P	-165,7	-55,1

### 2007-Junio

**Cuestión 2.**- En una reacción química del tipo  $3\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{A}_3(\text{g})$  disminuye el desorden del sistema. El diagrama entálpico del proceso se representa en el siguiente esquema:

- ¿Qué signo tiene la variación de entropía de la reacción?
- Indique razonadamente si el proceso indicado puede ser espontáneo a temperaturas altas o bajas.
- ¿Qué signo debería tener  $\Delta H$  de la reacción para que ésta no fuera espontánea a ninguna temperatura?



**Problema 1B.**- A temperatura elevada, un mol de etano se mezcla con un mol de vapor de ácido nítrico que reaccionan para formar nitroetano ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$ ) gas y vapor de agua. A esa







temperatura, la constante de equilibrio de dicha reacción es  $K_c = 0,050$ .

c) Calcule la entalpía molar estándar de la reacción.

d) Determine el calor que se desprende o absorbe hasta alcanzar el equilibrio.

Datos. Masas atómicas: H = 1, C = 12, N = 14, O = 16.

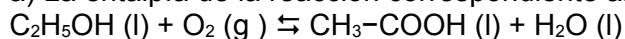
	Etano (g)	Ác. nítrico (g)	Nitroetano (g)	Agua (g)
$\Delta H_f^\circ$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	-124,6	-164,5	-236,2	-285,8

*Comentario: se incluye el enunciado original, con las erratas "reacionan" y "equilibrio"*

### 2007-Modelo

**Problema 2A.-** Sabiendo que las entalpías de combustión del etanol y del ácido etanoico (ácido acético) en condiciones estándar son, respectivamente,  $-1372,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y  $-870,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y que las entalpías normales de formación del agua líquida y del dióxido de carbono son respectivamente  $-285,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y  $-393,04 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , calcule:

a) La entalpía de la reacción correspondiente al proceso:



b) La entalpía de formación del etanol.

### 2006-Septiembre

**Problema 1A.-** Sabiendo que la temperatura de ebullición de un líquido es la temperatura a la que el líquido puro y el gas puro coexisten en el equilibrio a 1 atm de presión, es decir  $\Delta G = 0$ , y considerando el siguiente proceso:  $\text{Br}_2(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Br}_2(\text{g})$

a) Calcule  $\Delta H^\circ$  a 25°C.

b) Calcule  $\Delta S^\circ$

c) Calcule  $\Delta G^\circ$  a 25°C e indique si el proceso es espontáneo a dicha temperatura.

d) Determine la temperatura de ebullición del  $\text{Br}_2$ , suponiendo que  $\Delta H^\circ$  y  $\Delta S^\circ$  no varían con la temperatura.

Datos a 25°C:  $\Delta H_f^\circ(\text{Br}_2(\text{g})) = 30,91 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{Br}_2(\text{l})) = 0$ ;  $S^\circ(\text{Br}_2(\text{g})) = 245,4 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $S^\circ(\text{Br}_2(\text{l})) = 152,2 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### 2006-Junio

**Cuestión 3.-** Considere la combustión de carbón, hidrógeno y metanol.

a) Ajuste las reacciones de combustión de cada sustancia.

b) Indique cuales de los reactivos o productos tienen entalpía de formación nula.

c) Escriba las expresiones para calcular las entalpías de combustión a partir de las entalpías de formación que considere necesarias.

d) Indique como calcular la entalpía de formación del metanol a partir únicamente de las entalpías de combustión.

**Problema 2A.-** Sabiendo que la combustión de 1 g de TNT libera 4600 kJ y considerando los valores de entalpías de formación que se proporcionan, calcule:

a) La entalpía estándar de combustión del  $\text{CH}_4$

b) El volumen de  $\text{CH}_4$ , medido a 25°C y 1 atm de presión, que es necesario quemar para producir la misma energía que 1 g de TNT.

Datos:  $\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -242 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

### 2006-Modelo

**Problema 2A.-** La reacción de descomposición de clorato potásico produce cloruro potásico y oxígeno.

a) Escriba la reacción, calcule la variación de entalpía estándar e indique si el proceso es exotérmico o endotérmico.

b) Calcule la energía intercambiada si se obtienen 25 L de oxígeno a 25 °C y 750 mm de Hg.

Datos:  $\Delta H_f^\circ(\text{KClO}_3) = -391,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(\text{KCl}) = -435,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

### 2005-Septiembre

**Problema 1A.-** Para la siguiente reacción:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{-COOH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . Calcule:

a) La variación de la entalpía de la reacción a 25 °C, en condiciones estándar.

b) La variación de la entropía a 25 °C, en condiciones estándar.

c) La variación de energía de Gibbs a 25 °C, en condiciones estándar.

d) La temperatura teórica para que la energía de Gibbs sea igual a cero.





Datos a 25 °C.

	$\Delta H_f^\circ$ (kJ · mol <sup>-1</sup> )	$S^\circ$ (J · mol <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> )
Etanol (l)	-227,6	160,7
Ácido etanoico	-487,0	159,9
O <sub>2</sub> (g)	0	205,0
H <sub>2</sub> O (l)	-285,8	70,0

### 2005-Junio

**Problema 1B.-** En el proceso de descomposición térmica del carbonato de calcio, se forma óxido de calcio y dióxido de carbono. Sabiendo que el horno en el que ocurre el proceso tiene un rendimiento del 65%, conteste a los siguientes apartados.

- Formule la reacción y calcule su variación de entalpía.
- Calcule el consumo de combustible (carbón mineral), en toneladas, que se requiere para obtener 500 kg de óxido cálcico.

Datos.-  $\Delta H_f^\circ$  carbonato de calcio = -1206,9 kJ · mol<sup>-1</sup>;  $\Delta H_f^\circ$  óxido de calcio = -393,1 kJ · mol<sup>-1</sup>

$\Delta H_f^\circ$  dióxido de carbono = -635,1 kJ · mol<sup>-1</sup>; 1 kg de carbón mineral desprende 8330 kJ

Masas atómicas: Ca = 40; O = 16

### 2005-Modelo

**Problema 1A.-** El ciclohexano se puede obtener por hidrogenación catalítica del benceno.

Teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción, calcule:

- Las variaciones de entalpía y energía libre de Gibbs de reacción para dicho proceso.
- El calor desprendido si se emplean 10 L de hidrógeno, medidos a 1 atm y 298 K, para hidrogenar benceno.

Datos: R = 0,082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>

Compuesto	$\Delta H_f^\circ$ (kJ · mol <sup>-1</sup> )	$\Delta G_f^\circ$ (kJ · mol <sup>-1</sup> )
Benceno	+49	+124
Ciclohexano	-156	+27

### 2004-Septiembre

**Problema 1A.-** El clorato de potasio (sólido) se descompone, a altas temperaturas, para dar cloruro de potasio (sólido) y oxígeno molecular (gas). Para esta reacción de descomposición, calcule:

- La variación de entalpía estándar.
- La variación de energía de Gibbs estándar.
- La variación de entropía estándar.
- El volumen de oxígeno, a 25 °C y 1 atm, que se producen a partir de 36,8 g de clorato de potasio.

	$\Delta H_f^\circ$ (kJ · mol <sup>-1</sup> )	$\Delta G_f^\circ$ (kJ · mol <sup>-1</sup> )	$S^\circ$ (J · mol <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> )
KClO <sub>3</sub> (s)	-391,2	-289,9	143,0
KCl (s)	-435,9	-408,3	82,7
O <sub>2</sub> (g)	0	0	205,0

Datos: Masas atómicas: K = 39,1; Cl = 35,5; O = 16,0.

### 2004-Junio

**Cuestión 3.-** En una reacción de combustión de etano en fase gaseosa se consume todo el etano (equilibrio totalmente desplazado hacia los productos):

- Escriba y ajuste la reacción de combustión.
- Escriba la expresión para el cálculo de entalpía de reacción ( $\Delta H_r^\circ$ ) a partir de las entalpías de formación ( $\Delta H_f^\circ$ ).
- Escriba la expresión para el cálculo de entropía de reacción ( $\Delta S_r^\circ$ ) a partir de las entropías ( $S^\circ$ ).
- Justifique el signo de las magnitudes  $\Delta H_r^\circ$  y  $\Delta G_r^\circ$ .

**Problema 2A.-** La entalpía para la reacción de obtención de benceno líquido a partir de etino gaseoso,  $3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$ , es -631 kJ · mol<sup>-1</sup>. En todo el proceso la temperatura es 25 °C y la presión





15 atm. Calcule:

- Volumen de etino necesario para obtener 0,25 L de benceno líquido.
- Cantidad de calor que se desprende en dicho proceso
- Densidad del etino en esas condiciones.

Datos:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $d(\text{benceno}) = 0,874 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ; Masas atómicas:  $H = 1$ ,  $C = 12$ .

### 2004-Modelo

**Problema 2B.-** Si se dispone de naftaleno ( $C_{10}H_8$ ) como combustible:

- Calcule su entalpía molar estándar de combustión.
- Calcule la energía que se desprenderá al quemar 100 g de naftaleno.
- Calcule el volumen que ocupará el  $CO_2$  desprendido en la combustión de los 100 g de naftaleno si se recoge a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  y presión 1,20 atm.

Datos:  $\Delta H_f^\circ(C_{10}H_8) = -58,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(CO_2) = -393,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ(H_2O) = -284,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  
 $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; Masas atómicas:  $H=1$ ,  $C=12$ ,  $O=16$

### 2003-Septiembre

**Cuestión 2.-** Razone si son correctas o incorrectas las siguientes afirmaciones:

- En una reacción química no puede ser nunca  $\Delta G = 0$ .
- $\Delta G$  es independiente de la temperatura.
- La reacción no es espontánea si  $\Delta G > 0$ .
- La reacción es muy rápida si  $\Delta G < 0$ .

**Problema 1A.-** Para la reacción de combustión del etanol,  $C_2H_5OH$ , que es un líquido a  $25^\circ\text{C}$ , conteste a las siguientes preguntas con ayuda de los datos de la tabla que se adjunta:

- Escriba la reacción y calcule su  $\Delta G$  a  $25^\circ\text{C}$ .
- Calcule la variación de la energía interna a  $25^\circ\text{C}$ .
- Explique si la reacción sería o no espontánea a  $727^\circ\text{C}$  (supóngase que  $\Delta H_f^\circ$  y  $S^\circ$  son independientes de la temperatura).

	$C_2H_5OH(l)$	$O_2(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(l)$
$\Delta H_f^\circ (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	-277,3	0,0	-393,5	-285,8
$S^\circ (\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$	160,5	205,0	213,6	69,9

Dato:  $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

### 2003-Junio

**Problema 2A.-** La entalpía de combustión del butano es  $\Delta H_c = -2642 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , si todo el proceso tiene lugar en fase gaseosa:

- Calcule la energía media del enlace O-H.
- Determine el número de bombonas de butano (6 kg de butano/bombona) que hacen falta para calentar una piscina de  $50 \text{ m}^3$  de 14 a  $27^\circ\text{C}$ .

Datos:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; Masas atómicas:  $C = 12$ ;  $O = 16$ ;  $H = 1$ ;  $c_e$ (calor específico del agua) =  $4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;  $\rho$ (densidad del agua) =  $1 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Energías medias de enlace:  $E(C-C) = 346 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $E(C=O) = 730 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $E(O=O) = 487 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $E(C-H) = 413 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### 2003-Modelo

**Problema 1B.-** Calcule para la formación del etanol:

- la energía libre estándar
- la entropía estándar.

Datos en  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , a  $25^\circ\text{C}$ :  $\Delta G_f^\circ CO_2(g) = -394,0$ ;  $\Delta G_f^\circ H_2O(l) = -236,9$ ;  $\Delta G_f^\circ O_2(g) = 0$ ;  
 $\Delta H_f^\circ CH_3CH_2OH(l) = -277,3$ ;  $\Delta G_{\text{combustión}}^\circ CH_3CH_2OH(l) = -1282,5$ .

### 2002-Septiembre

**Problema 2B.-** La tabla adjunta suministra datos termodinámicos, a  $298 \text{ K}$  y  $1 \text{ atm}$ , para el agua en estado líquido y gaseoso.

- Calcule  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  y  $\Delta G^\circ$  para el proceso de vaporización del agua.
- Determine la temperatura a la que las fases líquida y gaseosa se encuentran en estado de equilibrio (Considere que  $\Delta H^\circ$  y  $\Delta S^\circ$  no cambian con la temperatura)

Datos.-

Compuesto	$\Delta H_f^\circ (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	$S^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$
$H_2O(l)$	-286	70





H <sub>2</sub> O(g)	-242	188
---------------------	------	-----

**2002-Junio**

**Problema 1B.-** La descomposición del tetraóxido de dinitrógeno, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ⇌ 2 NO<sub>2</sub> ocurre espontáneamente a temperaturas altas. Los datos termodinámicos, a 298 K, se incluyen en la tabla adjunta. Determine para dicha reacción:

- ΔH° e ΔS° a 298 K.
- La variación de energía interna a 298 K.
- Si la reacción es espontánea a 298 K en condiciones estandar.
- la temperatura a partir de la cuál el proceso es espontáneo (considere que ΔH° y ΔS° son independientes de la temperatura).

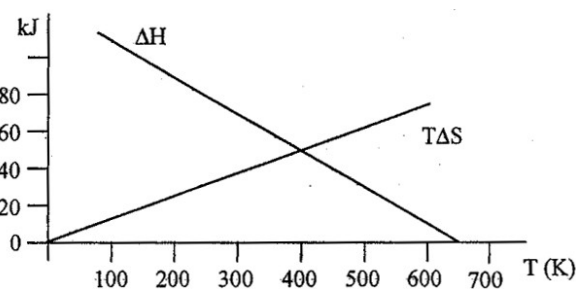
Dato: R = 8,31 J·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

Compuesto	ΔH <sub>f</sub> <sup>0</sup> (kJ·mol <sup>-1</sup> )	S° (J·K <sup>-1</sup> ·mol <sup>-1</sup> )
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	9,2	304
NO <sub>2</sub>	33,2	240

**2002-Modelo**

**Cuestión 5.-** Teniendo en cuenta la gráfica que representa los valores de ΔH y TΔS para la reacción A → B, razone si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:

- a 500 K la reacción es espontánea
- el compuesto A es más estable que el B a temperaturas inferiores a 400 K
- a 400 K el sistema se encuentra en equilibrio
- la reacción de transformación de A en B es exotérmica a 600 K.



**Problema 2A.-** Considere la reacción N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (g) ⇌ 2NO<sub>2</sub> (g).

Calcule:

- ΔH de la reacción, sabiendo que las entalpías de formación de NO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> son -50,16 y -96,14 kJ·mol<sup>-1</sup>, respectivamente.

**2001-Septiembre**

**Problema 2A.-** El benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) se puede obtener a partir del acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) según la reacción siguiente: 3C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(g) → C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>(l). Las entalpías de combustión, a 25 °C y 1 atm, para el acetileno y el benceno son, respectivamente, -1300 kJ mol<sup>-1</sup> y -3267 kJ mol<sup>-1</sup>.

- Calcule ΔH° de la reacción de formación del benceno a partir del acetileno y deduzca si es un proceso endotérmico o exotérmico.
- Determine la energía (expresada en kJ) que se libera en la combustión de 1 gramo de benceno. Datos.- Masas atómicas: C = 12,0; H= 1,0

**2001-Junio**

**Problema 2A.-** Utilizando los valores que aparecen en la tabla, todos obtenidos a la temperatura de 25 °C, y considerando la reacción CO(g) + Cl<sub>2</sub>(g) → COCl<sub>2</sub>(g)

Compuesto	S°(J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	ΔH°(kJ·mol <sup>-1</sup> )
CO(g)	197,7	-110,4
Cl <sub>2</sub> (g)	222,8	0,0
COCl <sub>2</sub> (g)	288,8	-222,8

- Calcule ΔS° de la reacción.
- Calcule ΔH° de la reacción.
- Calcule ΔG° de la reacción.
- Razone si la reacción es o no espontánea.

**2001-Modelo**

**Cuestión 4.-** Justifique cuáles de los procesos siguientes serán siempre espontáneos, cuáles no lo serán nunca y en cuáles dependerá de la temperatura:

- Proceso con ΔH < 0 y ΔS > 0.
- Proceso con ΔH > 0 y ΔS < 0.





c) Proceso con  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S < 0$ .

d) Proceso con  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S > 0$ .

**Problema 1A.** Utilizando los datos siguientes:

Sustancia	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	CO <sub>2</sub> (g)	H <sub>2</sub> O (l)	C (s)	O <sub>2</sub> (g)
$\Delta H_f^\circ$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	-84,7	-394,0	-286,0	0,0	0,0

a) Calcule las entalpías de combustión del carbón (C(s)) y del etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)

b) A partir de los resultados del apartado anterior, calcule qué sustancia produce más energía por gramo de combustible y por mol de dióxido de carbono formado.

Datos: Masas atómicas C=12,0 ; H=1,0

### **2000-Septiembre**

**Problema 2A.-** Utilizando los datos que precise de la tabla adjunta, calcule:

Sustancia	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> (g)	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	CO(g)	CO <sub>2</sub> (g)	H <sub>2</sub> O(g)
$\Delta H_f^\circ$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	28,4	-124,7	-110,5	-393,5	-241,8

a) La cantidad de calor desprendido en la combustión de 14,5 kg de n-butano.

b) La variación de la energía interna del sistema, considerando 25°C de temperatura.

Datos: R=8,30 J·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> , masas atómicas: C=12,0; H=1,0.

### **2000-Junio**

**Problema 2B.-** Sabiendo que las entalpías estándar de combustión del hexano líquido, carbono sólido e hidrógeno gas, son de -4192,0 -393,1 y -285,8 kJ·mol<sup>-1</sup> respectivamente. Calcule:

a) La entalpía de formación del hexano líquido a 25 °C.

b) El número de moles de hidrógeno consumidos en la formación del hexano líquido cuando se han liberado 30 kJ.

### **2000-Modelo**

#### **Cuestión 3.-**

a) Defina la magnitud denominada entalpía de enlace

b) ¿Cuál es la unidad internacional en que se mide la entalpía de enlace?

c) ¿Cómo se puede calcular la entalpía de una reacción determinada si disponemos de una tabla de valores de las entalpías de enlace?

d) ¿Cómo se explica que la entalpía del enlace C=C no alcance el doble del valor de la entalpía del enlace C-C?

