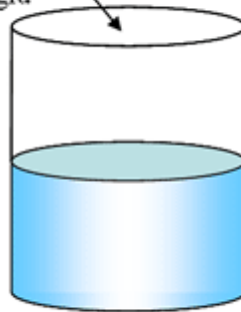


# TERMODINÁMICA

La termodinámica es una RAMA DE LA FÍSICA que estudia los efectos de los CAMBIOS DE MAGNITUDES tales como presión, volumen, y temperatura (etc.) de SISTEMAS MATERIALES a nivel MACROSCÓPICO.

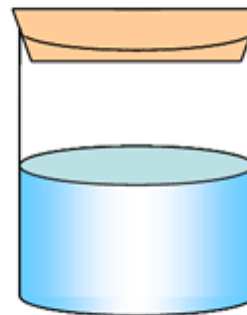
**Termodinámica Química (Termoquímica) Estudia las aplicaciones de la termodinámica a las TRANSFORMACIONES QUÍMICAS (reacciones). Estudia la energía calorífica que acompaña a un proceso químico.**

**Sistema abierto**  
Intercambio de:  
masa y energía



Vaso abierto

**Sistema cerrado**  
Intercambio solo  
energía



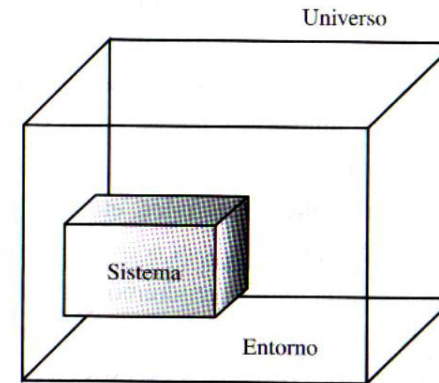
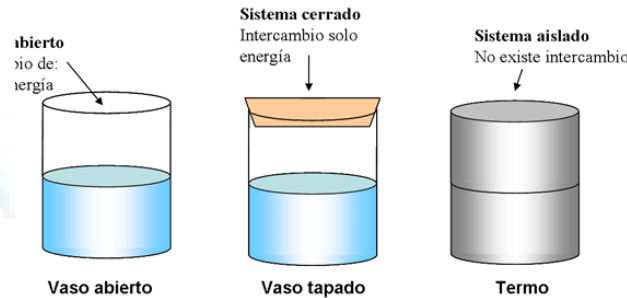
Vaso tapado

**Sistema aislado**  
No existe intercambio



Termo

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



**Sistema  
termodinámico**

Porción de materia separada del exterior por una superficie real o imaginaria, fija o móvil.  
Tipos de sistema: *abierto, aislado, cerrado*

**Entorno**

Ambiente o medio exterior a un sistema termodinámico.

**Variable  
termodinámica**

Propiedad medible del sistema ( $p$ ,  $V$ ,  $T$ , etc.). Las variables TD definen el estado del sistema  
Tipo de propiedad: *extensiva, intensiva*.

**Equilibrio  
termodinámico**

La condición en la cual las variables que definen el estado del sistema no son dependientes del tiempo.

**Universo**

Sistema más el entorno

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

frontera

Límite entre el sistema y el entorno

sistema  
cerrado

Sistema que sólo intercambia energía con el entorno

sistema  
abierto

sistema que intercambia energía y materia con el entorno.

sistema  
aislado

sistema que no interacciona con el entorno.

sistema  
simple

sistema caracterizado por tres variables.

sistema PVT

sistema caracterizado por las variables P,V y T

variable  
termodinámica

magnitud que caracteriza un sistema.

variable  
extensiva

variable que depende de la masa del sistema

variable  
intensiva

Variable que no depende de la masa del sistema

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

**Ecuación de estado**

ecuación matemática que relaciona las variables termodinámicas que caracterizan un sistema.

**Proceso termodinámico**

cambio de estado que experimenta un sistema.

**Ciclo**

Sucesión de procesos que devuelven al sistema a su estado inicial.

**Proceso reversible**

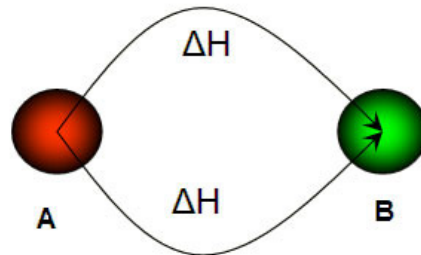
aquel que al invertirse deja al entorno y al sistema sin cambios.

**Procesos irreversibles**

aquel que al invertirse deja al entorno y al sistema con cambios.

**Gas Ideal**

gas que satisface la ecuación de estado  $pV = nRT$



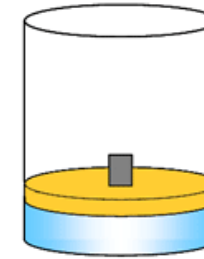
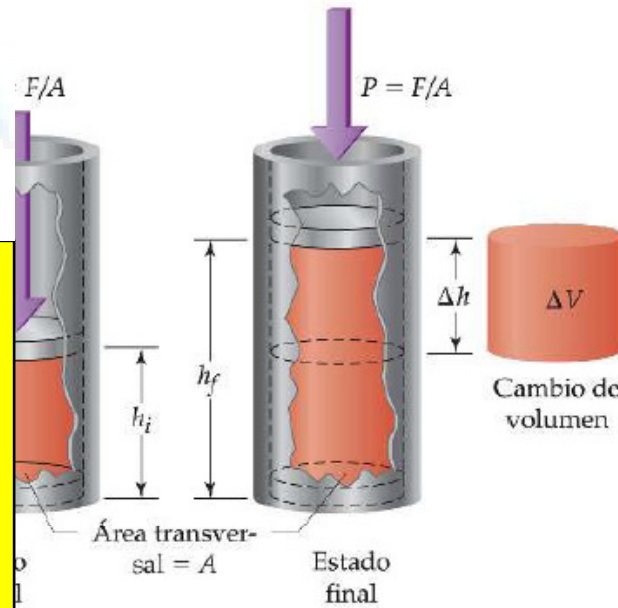
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

--

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# Trabajo



$n = 0.05 \text{ mol}$   
 $T = 298 \text{ K}$   
 $V = 1.22 \text{ L}$   
 $P = 1 \text{ atm}$

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

[Julio, J]

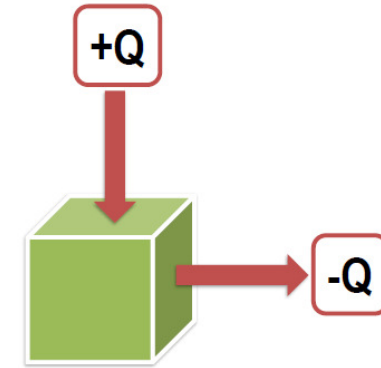
$$|W| = p \cdot A \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$$

$$|W| = p \cdot \Delta V$$

Cartagena99

cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

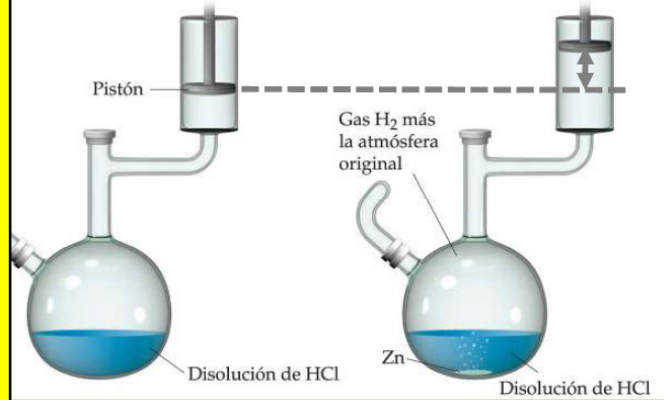
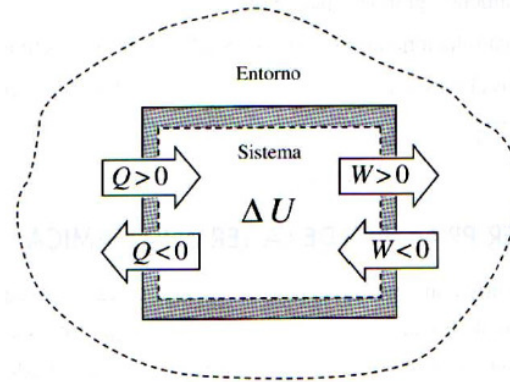


**Calor**

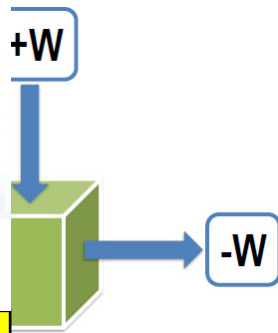
✓ Calórico

✓ J. Joule

$$1 \text{ cal} = 4,185 \text{ J}$$



$$W = -p \cdot \Delta V$$



Cartagena99

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

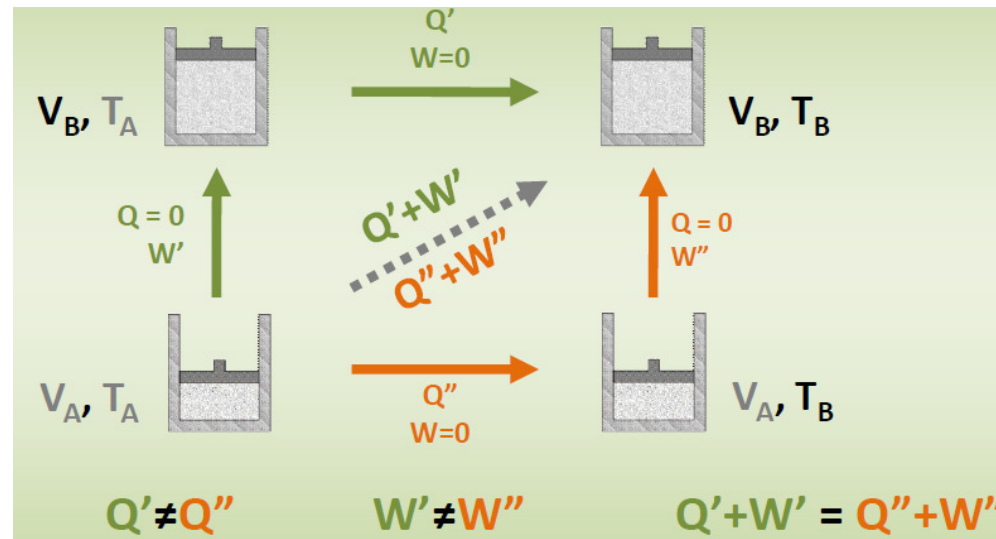
## Primer Principio de la Termodinámica

Hemos comprobado que un sistema cerrado puede intercambiar energía en forma de trabajo y/o calor de manera que debe existir una relación entre las magnitudes  $W$ ,  $U$  y  $Q$ .

La relación entre estas tres magnitudes se conoce como **Primer Principio de la Termodinámica** y no es más que la aplicación del principio de conservación de la energía.

### Energía

Energía es la capacidad de un sistema para realizar **trabajo** o transferir **calor**.



$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q + W$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

V constante

$$Q_v = \Delta U_r$$

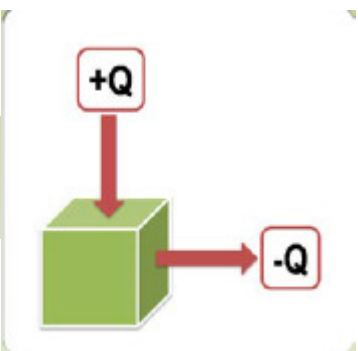
$$\Delta U_r > 0$$

reacción endotérmica  
calor absorbido

$$\Delta U_r < 0$$

reacción exotérmica  
calor cedido

$$\Delta U_r = Q_r + W_r$$



constante

$$Q_p = \Delta H_r$$

$$\Delta H_r > 0$$

reacción endotérmica  
calor absorbido

$$\Delta H_r < 0$$

reacción exotérmica  
calor cedido

$$H = U + pV$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

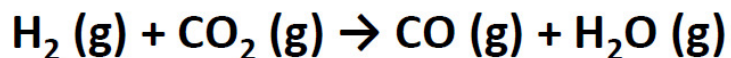
--





Entalpia de reacción  
(T, p)

$\Delta H_r$



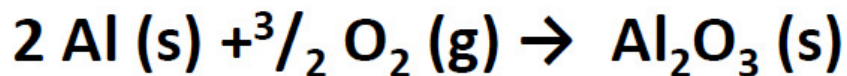
Entalpia estándar de reacción  
(25 °C, 1 atm)

$\Delta H_r^0$

Entalpia estándar de formación :

*Entalpía de la reacción de formación  
en condiciones estándares*

$\Delta H_f^0$



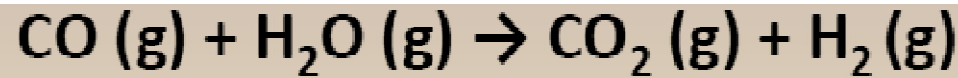
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

--

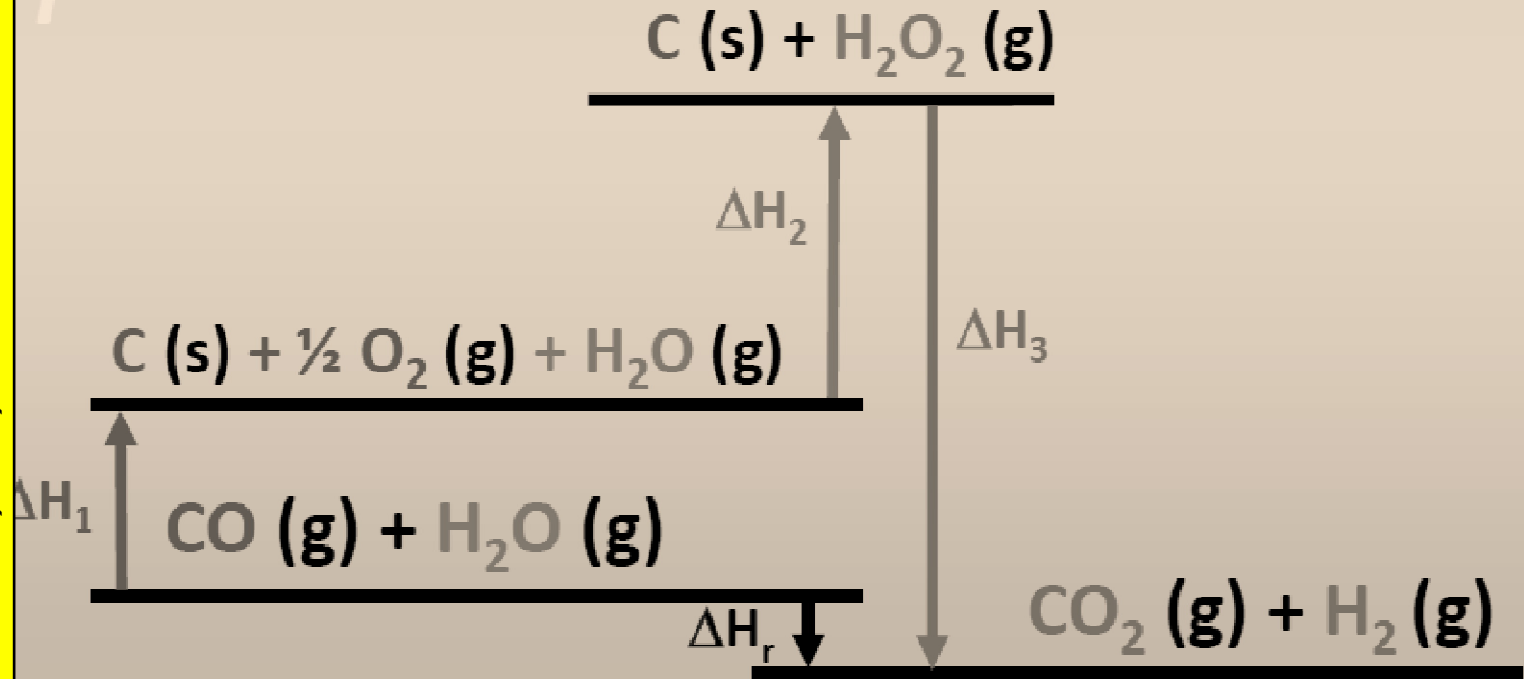
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



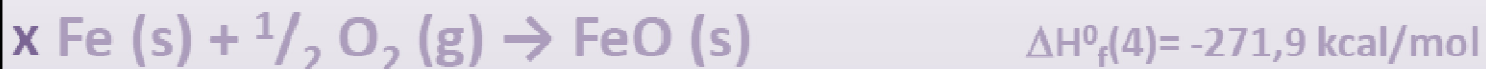
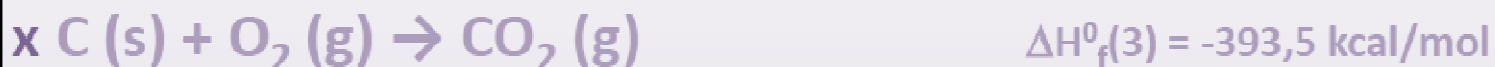
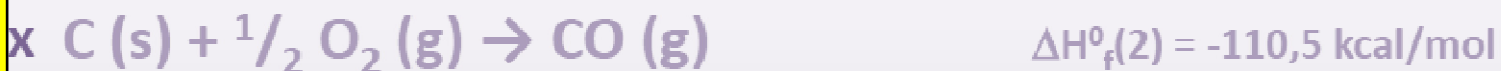
**Ley de HESS:** "Si una reacción se realiza en varias etapas, el  $\Delta H$  de la reacción completa será igual a la suma de los cambios entalpía de las etapas individuales."



$$\Delta H_r = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$



“Etapas individuales”  $\leftrightarrow$  reacciones de formación



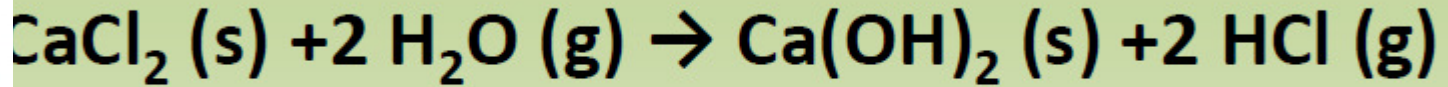
$$\Delta H_r = -1 \times \Delta H_f^0(1) - 1 \times \Delta H_f^0(2) + 1 \times \Delta H_f^0(3) + 2 \times \Delta H_f^0(4)$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 --  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

= -795,8 kJ/mol

$\Delta H_f^0 = -986,2 \text{ kJ/mol}$



$\Delta H_f^0 = -241,82 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^0 = -92,30 \text{ kJ/mol}$

Cuál es el calor de reacción (1 atm, 25°C)?  $\rightarrow \Delta H_r^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0$

$$\Delta H_r^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0 \leftarrow \text{Ley de Hess}$$

$$\Delta H_r^0 = 2 \cdot \Delta H_{f,\text{HCl}}^0 + 1 \cdot \Delta H_{f,\text{Ca}(\text{OH})_2}^0 - 2 \cdot \Delta H_{f,\text{H}_2\text{O}}^0 - 1 \cdot \Delta H_{f,\text{CaCl}_2}^0$$

$$\Delta H_r^0 = 108,6 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{reacción endotérmica}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

--

## Examen - 22 de agosto de 2011

### EMA 2

beno es el hidrocarburo aromático más simple de fórmula  $C_6H_6$ .

Escriba la ecuación química balanceada de la combustión del benceno en exceso de oxígeno si todos los productos de la reacción son gases. (0,25 puntos)

Calcule el calor de combustión de un mol de benceno en las condiciones del apartado a. (0,75 puntos)

¿Cuánto calor se genera en la combustión de 6,30 kg de benceno? (0,75 puntos)

Calcule el calor generado en la combustión de un mol de benceno si en la reacción de combustión se obtiene agua líquida. Explique *cualitativamente* por qué el resultado de este apartado es diferente al del apartado b. (0,75 puntos)

### LEMA 2

do un soldador utiliza un soplete de acetileno ( $C_2H_2$ ), la combustión del acetileno libera el calor necesario para for los metales.

a) Escriba la ecuación química de combustión del acetileno en exceso de oxígeno considerando que todos los productos de la reacción son gases. (0,25 puntos)

b) Calcule el calor de combustión de un mol de acetileno en las condiciones del apartado a. (25 °C, 1 atm) (0,75 puntos)

c) ¿Cuánto calor se genera en la combustión de 3,45 kg de acetileno? (25 °C, 1 atm) (0,75 puntos)

d) Calcule el calor generado en la combustión de un mol de acetileno si en la reacción de combustión se obtiene agua líquida. Explique *cualitativamente* por qué el resultado de este apartado es diferente al del apartado b. (0,75 puntos)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 2º principio de la termodinámica

*Clausius*

«Es imposible un proceso cuyo único resultado sea la transferencia de energía en forma de calor de un cuerpo de menor temperatura a otro de mayor temperatura».

*Kelvin-Planck*

«Es imposible todo proceso *cíclico* cuyo único resultado sea la absorción de calor de una fuente de calor, y la conversión total de éste en trabajo».

«En un sistema AISLADO la variación de entropía para un proceso espontáneo es positiva ( $\Delta S > 0$ )».

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Cartagena99

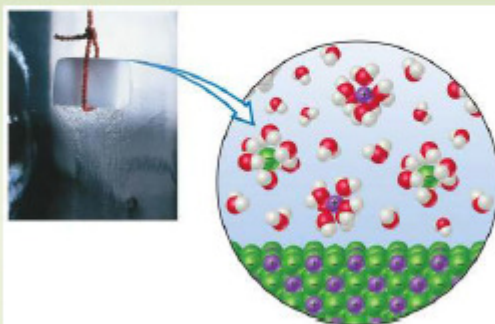
artagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



**En general, la entropía aumenta ( $\Delta S > 0$ ) cuando...**



... se forman líquidos o disoluciones a partir de sólidos.



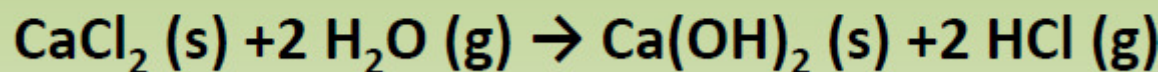
... aumenta el número de moléculas de gas.



... se forman gases a partir de líquidos o sólidos.

$$\Delta H_f^0 = -795,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^0 = -986,2 \text{ kJ/mol}$$



¿Cuál es el calor de reacción (1 atm, 25°C)?  $\rightarrow \Delta H_r^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0$

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

¿Cuál es el calor de reacción (1 atm, 25°C)?  $\rightarrow \Delta H_r^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0$

$$\Delta H_r^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0 \leftarrow \text{Ley de Hess}$$

$$\Delta H_r^0 = 2 \cdot \Delta H_{f, \text{HCl}}^0 + 1 \cdot \Delta H_{f, \text{Ca(OH)}_2}^0 - 2 \cdot \Delta H_{f, \text{H}_2\text{O}}^0 - 1 \cdot \Delta H_{f, \text{CaCl}_2}^0$$

$$\Delta H_r^0 = 108,6 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{reacción endotérmica}$$

¿Es espontánea (1 atm, 25 °C)?  $\rightarrow \Delta G_r^0$

$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T \cdot \Delta S_r^0$$

$$\Delta H_r^0 = 108,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_r^0 = \sum n \cdot S_f^0$$

$$\Delta S_r^0 = \sum n \cdot S_f^0 = -25,5 \text{ J/molK}$$

Cartagena99

cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$1. \Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T \cdot \Delta S^0_r = 116,2 \text{ kJ/mol}$$

$$2. \Delta G^0_r = \sum n \cdot \Delta G^0_f = 116,2 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^0_r > 0 \rightarrow \text{reacción no espontánea}$$

### 8.- ENTROPÍA Y SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La *entropía* de un sistema físico o químico es una magnitud que mide el grado de desorden del sistema. Su variación en cualquier transformación que experimenta el sistema, solo depende de los estados inicial y final del mismo.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

--

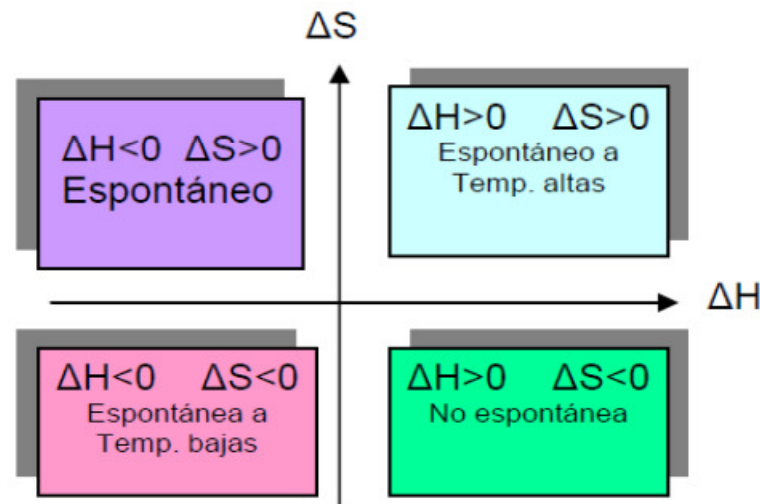
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 9.- ENERGÍA LIBRE DE GIBBS

La energía libre de Gibbs permite evaluar la espontaneidad de un proceso sin tener en cuenta la variación de entropía del entorno. Su variación en cualquier transformación solo depende de los estados inicial y final del sistema.

- Si  $\Delta G_r$  es **negativo**, la reacción es **espontánea**.
- Si  $\Delta G_r$  es **positiva**, la reacción **no ocurre espontáneamente**. En su lugar, la reacción inversa es espontánea.
- Si  $\Delta G_r$  es 0, el sistema **está en equilibrio**. No hay tendencia a que se produzca la reacción en ningún sentido.

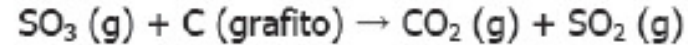
### CRITERIOS DE ESPONTANEIDAD



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



3. Para la siguiente reacción (requiere ajuste) que transcurre a 25 °C y a 1 atm, indicar la afirmación correcta



- a. Es exotérmica;
- b. No es espontánea;
- c. El calor absorbido en el transcurso de la reacción es 98,4 kJ por mol de  $\text{SO}_2$  formado;
- d. Tiene  $\Delta S_r^0$  negativo.

25. El calor desprendido a 25 °C y a 1 atm en la siguiente reacción es



- a. 723,7 kJ;
- b. 834,1 kJ;
- c. -723,7 kJ;
- d. 1055,2 kJ.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70