



## *Tema 5*

# *Termoquímica*



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

# Química: Ciencia que estudia la materia y sus transformaciones

**Termoquímica:** La energía de las reacciones químicas



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

# CONTENIDO

1.- Calor de reacción

2.- Entalpía estándar de reacción

Entalpía estándar de formación

3.- Leyes Termoquímicas

Ley de Lavoassiare-Laplace

Ley de Hess

4.- Efecto de la temperatura en las entalpías de reacción

5.- Variación de entropía y de energía libre de reacción

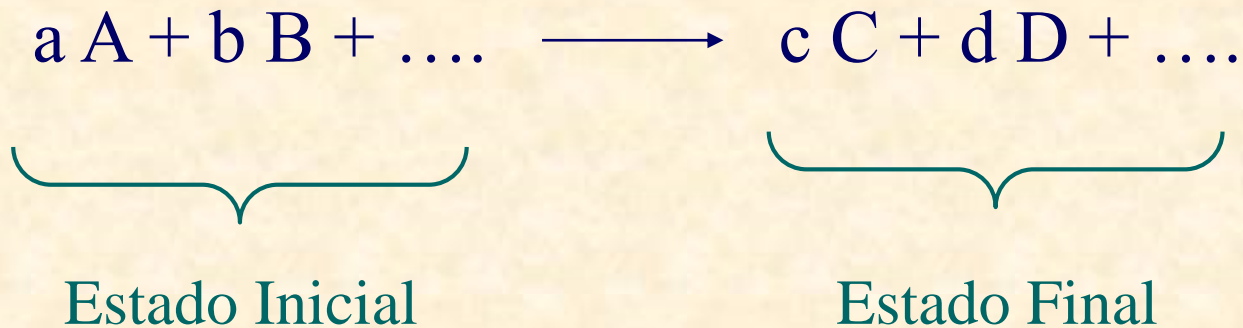
**Cartagena99**

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

---

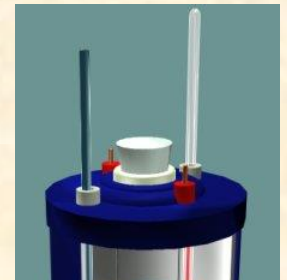
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 1. CALOR DE REACCIÓN.



Reacciones  
químicas

- Exotérmicas ( $Q < 0$ )
- Endotérmicas ( $Q > 0$ )



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

Recipiente Adiabático {

- Exotérmicas ( $Q < 0$ )  $\Rightarrow \Delta T > 0$
- Endotérmicas ( $Q > 0$ )  $\Rightarrow \Delta T < 0$

Recipiente Diatérmico {

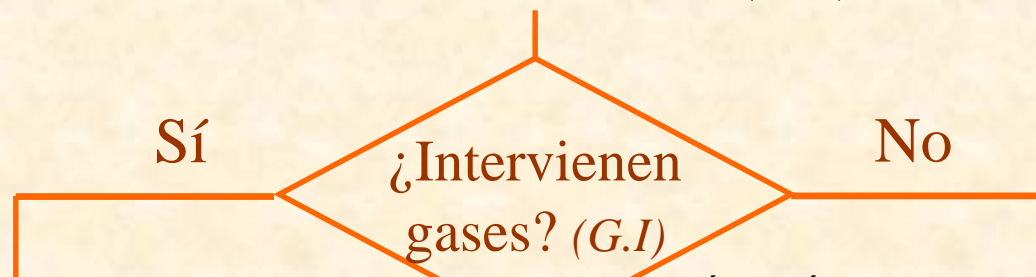
- Exotérmicas ( $Q < 0$ )
- Endotérmicas ( $Q > 0$ )

$\Rightarrow \Delta T = 0$

$$Q_v = \Delta U = U_{\text{prod}} - U_{\text{reac}}$$

$$Q_p = \Delta H = H_{\text{prod}} - H_{\text{reac}}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + P\Delta V$$



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

---

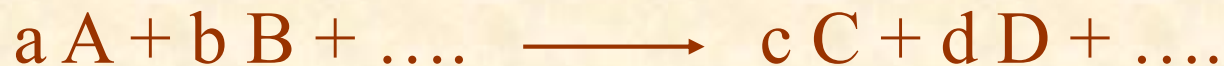
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

$$\Delta H = \Delta U + RT\Delta n_{\text{gas}}$$

## 2. ENTALPÍA ESTÁNDAR DE REACCIÓN.

**Entalpía estándar de reacción ( $\Delta H_T^0$ ):**  $\Delta H$  de la reacción a T, cuando los números estequiométricos de moles de los reactivos puros, separados y en sus **estados estándar** a T, se transforman en los números estequiométricos de moles de los productos puros, separados, en sus estados estándar a la temperatura T.



$$\Delta H_T^0 = H_{f,T}^0 - H_{i,T}^0 = (cH_{C,T}^0 + dH_{D,T}^0 + \dots) - (aH_{A,T}^0 + bH_{B,T}^0 + \dots)$$

$$\Delta H_T^0 = \sum \nu \cdot \bar{H}_T^0$$

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

Cartagena99

## Estado estándar de una sustancia a T :

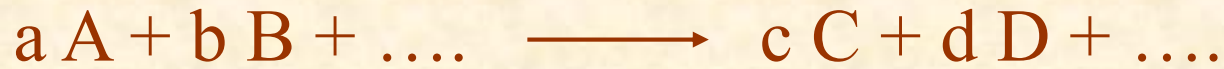
- Sólido o Líquido : sustancia pura a T y 1 bar.
- Gas : gas ideal a T y 1 bar.
- Disoluciones Ideales (Sólidas o líquidas) : sólidos o líquidos puros a la T y P de la disolución.
- Disoluciones Diluidas Ideales :
  - Disolvente: sólido o líquido puro a T y P de la disolución.
  - Soluto: sustancia a la T y P de la disolución, cuyas propiedades son extrapoladas de las del soluto en disoluciones muy diluidas, pero en el límite de  $\chi_d=1$
- Disoluciones Reales :
  - Convenio de las Disoluciones Ideales.
  - Convenio de las Disoluciones Diluidas Ideales

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



$$\Delta H_T^0 = \sum v_i \bar{H}_{i,T}^0$$

¿Cuánto vale  $\bar{H}_{i,T}^0$  ?

**Arbitrariamente:** La entalpía normal de formación de cualquier **elemento** en su forma de referencia a la temperatura T, es **cero**

Ej: Br<sub>2</sub> (líquido) a P=1bar y T < 331,5 K  $\Delta \bar{H}_{f,T}^0 = 0$

Br<sub>2</sub> (gas) a P=1bar y T > 331,5 K  $\Delta \bar{H}_{f,T}^0 = 0$

$\bar{H}_{f,400K}^0(\text{Br}_{2(\text{liq})}) = ?$  Br<sub>2</sub> (gas)  $\longrightarrow$  Br<sub>2</sub> (liq)  $\bar{H}_{f,400K}^0(\text{Br}_{2(\text{liq})}) = \Delta \bar{H}_{\text{condensacion},400K}^0$

**Entalpía normal de formación a T:** El cambio de H en la reacción de formación de 1mol de sustancia en su estado normal a T, a partir de los elementos que la constituyen en su forma de referencia a T

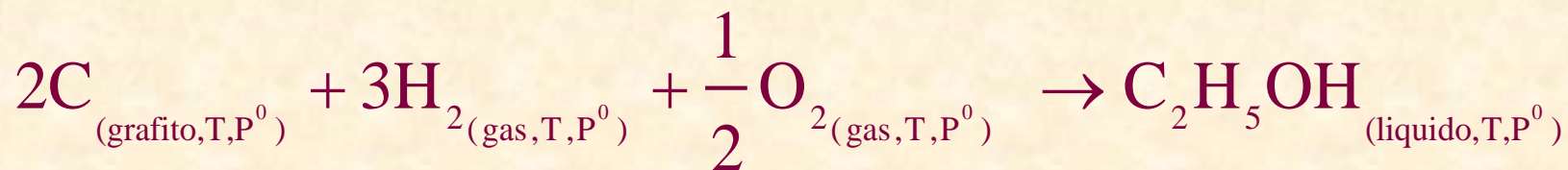
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

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



Entalpía normal de formación a T:  $\Delta \bar{H}_{f,T}^0 (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{liq})}) = ?$



$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{f,T}^0 (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{liq})}) - 2\Delta H_{f,T}^0 (\text{C}_{(\text{graf})}) - 3\Delta H_{f,T}^0 (\text{H}_{2(\text{g})}) - \frac{1}{2}\Delta H_{f,T}^0 (\text{O}_{2(\text{g})})$$

↑  
(medida experimental)

$$\Delta H_f^0 (\text{O}_2, \text{gas}, 25^\circ\text{C}) = 0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^0 (\text{C}, \text{sol}, 25^\circ\text{C}) = 0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^0 (\text{H}_2, \text{gas}, 25^\circ\text{C}) = 0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$H_{25^\circ\text{C}}^0 (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, \text{liq}) = -277.69 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

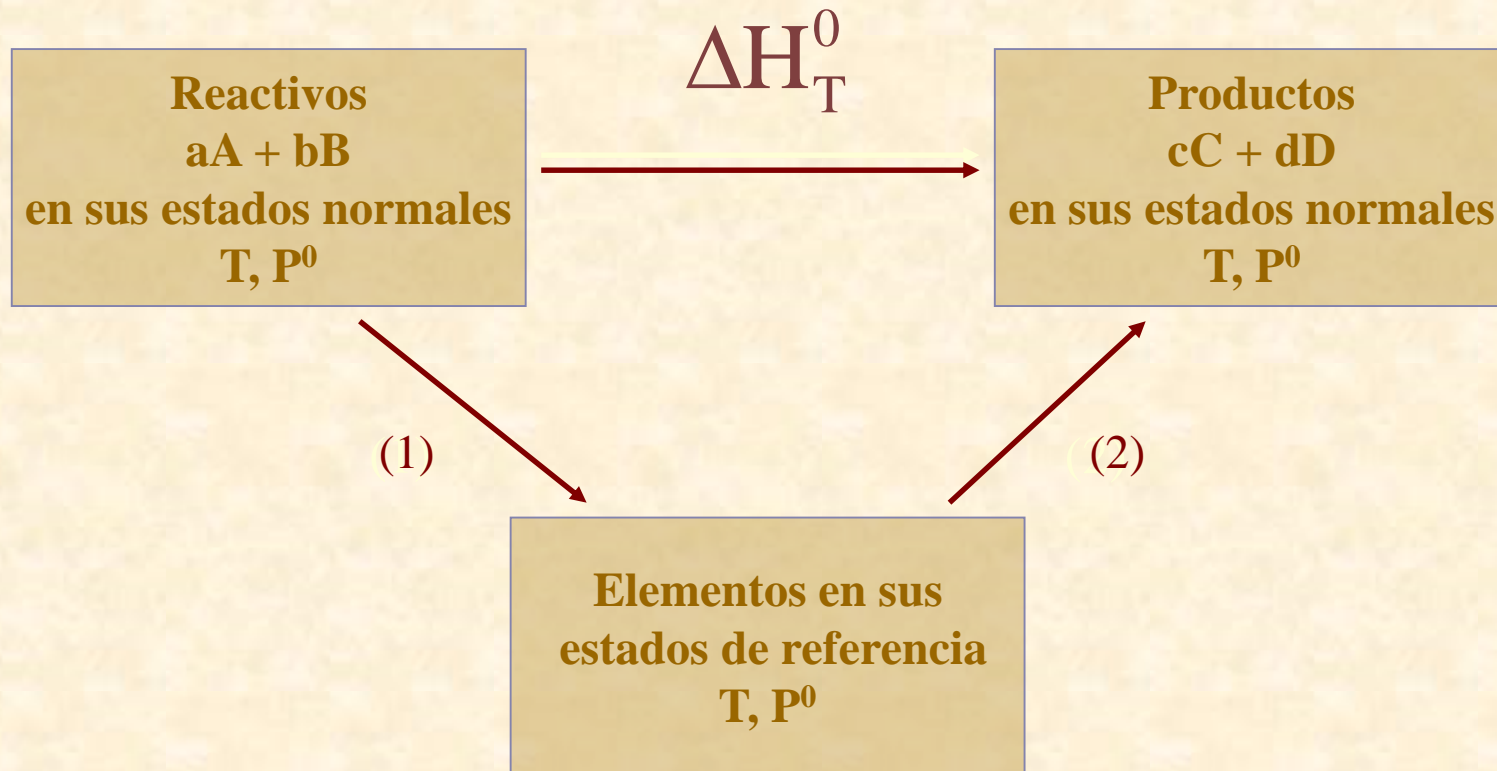
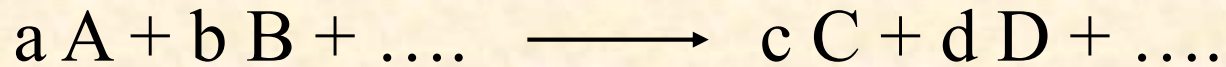
Se miden algunas  $\Delta H_{f,T}^0$ , y se tabulan, lo que permite calcular las entalpías normales de reacción  $\Delta H_T^0$ :

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



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

## PROPIEDADES TERMODINAMICAS DEL ESTADO ESTANDAR A 25 °C y 1 BAR<sup>a</sup>

| Sustancia   | $\Delta H_{f,298}^{\circ}$<br>kJ mol <sup>-1</sup> | $\Delta G_{f,298}^{\circ}$<br>kJ mol <sup>-1</sup> | $S_{m,298}^{\circ}$<br>J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | $C_{P,m,298}^{\circ}$<br>J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> |
|---|--|--|--|--|
| Ag <sup>+</sup> (aq)  | 105,56   | 77,09  | 72,8   |  |
| Br(g)   | 111,884  | 82,396   | 175,022  | 20,786   |
| Br <sup>-</sup> (aq)  | -121,55  | -103,97  | 82,4   | -141,8   |
| Br <sub>2</sub> (l)   | 0  | 0  | 152,231  | 75,689   |
| Br <sub>2</sub> (g)   | 30,907   | 3,110  | 245,463  | 36,02  |
| C(grafito)  | 0  | 0  | 5,740  | 8,527  |
| C(diamante)   | 1,897  | 2,900  | 2,377  | 6,115  |
| C(g)  | 716,682  | 671,257  | 158,096  | 20,838   |
| CF <sub>4</sub> (g)   | -925   | -879   | 261,61   | 61,09  |
| CH <sub>4</sub> (g)   | -74,81   | -50,72   | 186,264  | 35,309   |
| CO(g)   | -110,525   | -137,168   | 197,674  | 29,116   |
| CO <sub>2</sub> (g)   | -393,509   | -394,359   | 213,74   | 37,11  |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (aq)                              | -677,14  | -527,81  | -56,9  |  |
| COF <sub>2</sub> (g)  | -634,7   | -619,2   | 258,60   | 46,82  |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)                               | 226,73   | 209,20   | 200,94   | 43,93  |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)                               | 52,26  | 68,15  | 219,56   | 43,56  |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)                               | -84,68   | -32,82   | 229,60   | 52,63  |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)                             | -277,69  | -174,78  | 160,7  | 111,46   |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O(g)                            | -184,05  | -112,59  | 266,38   | 64,39  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (g)                               | -103,85  | -23,37   | 270,02   | 73,51  |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g)                               | 82,93  | 129,7  | 269,31   | 81,67  |
| Cyclohexene(g) (C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> )                | -5,36  | 107,0  | 310,86   | 105,02   |
| α-D-Glucosa(c) (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> ) | -1274,4  | -910,1   | 212,1  | 218,8  |
| Suaveolona(c) (C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub> )  | -221,7   | 154,0  | 260,2  | 48,5   |

| Sustancia                               | $\Delta H_{f,298}^{\circ}$<br>kJ mol <sup>-1</sup> | $\Delta G_{f,298}^{\circ}$<br>kJ mol <sup>-1</sup> | $S_{m,298}^{\circ}$<br>J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | $C_{P,m,298}^{\circ}$<br>J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> |
|---|--|--|--|--|
| Cu(c)                                   | 0  | 0  | 33,150   | 24,435   |
| Cu <sup>2+</sup> (aq)                   | 64,77  | 65,49  | -99,6  |  |
| F <sub>2</sub> (g)                      | 0  | 0  | 202,78   | 31,30  |
| Fe(c)                                   | 0  | 0  | 27,28  | 25,10  |
| Fe <sup>3+</sup> (aq)                   | -48,5  | -4,7   | -315,9   |  |
| H(g)                                    | 217,965  | 203,247  | 114,713  | 20,784   |
| H <sup>+</sup> (aq)                     | 0  | 0  | 0  | 0  |
| H <sub>2</sub> (g)                      | 0  | 0  | 130,684  | 28,824   |
| HD(g)                                   | 0,138  | -1,464   | 143,801  | 29,196   |
| D <sub>2</sub> (g)                      | 0  | 0  | 144,960  | 29,196   |
| HBr(g)                                  | -36,40   | -53,45   | 198,695  | 29,142   |
| HCl(g)                                  | -92,307  | -95,299  | 186,908  | 29,12  |
| HF(g)                                   | -271,1   | -273,2   | 173,779  | 29,133   |
| HN <sub>3</sub> (g)                     | 294,1  | 328,1  | 238,97   | 43,68  |
| H <sub>2</sub> O(l)                     | -285,830   | -237,129   | 69,91  | 75,291   |
| H <sub>2</sub> O(g)                     | -241,818   | -228,572   | 188,825  | 33,577   |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)       | -187,78  | -120,35  | 109,6  | 89,1   |
| H <sub>2</sub> S(g)                     | -20,63   | -33,56   | 205,79   | 34,23  |
| K <sup>+</sup> (aq)                     | -252,38  | -283,27  | 102,5  | 21,8   |
| KCl(c)                                  | -436,747   | -409,14  | 82,59  | 51,30  |
| Mg(c)                                   | 0  | 0  | 32,68  | 24,89  |
| Mg(g)                                   | 147,70   | 113,10   | 148,650  | 20,786   |
| MgO(c)                                  | -601,70  | -569,44  | 26,94  | 37,15  |
| N(g)                                    | 472,704  | 455,563  | 153,298  | 20,786   |
| N <sub>2</sub> (g)                      | 0  | 0  | 191,61   | 29,125   |
| NH <sub>3</sub> (g)                     | -46,11   | -16,45   | 192,45   | 35,06  |
| NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH(c) | -528,10  | -368,44  | 103,51   | 99,20  |
| NO(g)                                   | 90,25  | 86,55  | 210,761  | 29,844   |
| NO <sub>2</sub> (g)                     | 33,18  | 51,31  | 240,06   | 37,20  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq)       | -207,36  | -111,25  | 146,4  | -86,6  |
| N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)       | 9,16   | 97,89  | 304,29   | 77,28  |
| Na(g)                                   | 107,32   | 76,761   | 153,712  | 20,786   |
| Na <sup>+</sup> (aq)                    | -240,12  | -261,905   | 59,0   | 46,4   |
| NaCl(c)                                 | -411,153   | -384,138   | 72,13  | 50,50  |
| O(g)                                    | 249,170  | 231,731  | 161,055  | 21,912   |
| O <sub>2</sub> (g)                      | 0  | 0  | 205,138  | 29,355   |
| OH <sup>-</sup> (aq)                    | -229,994   | -157,244   | -10,75   | -148,5   |
| PCL <sub>3</sub> (g)                    | -287,0   | -267,8   | 311,78   | 71,84  |
| PCL <sub>4</sub> (g)                    | -374,9   | -305,0   | 364,58   | 112,80   |

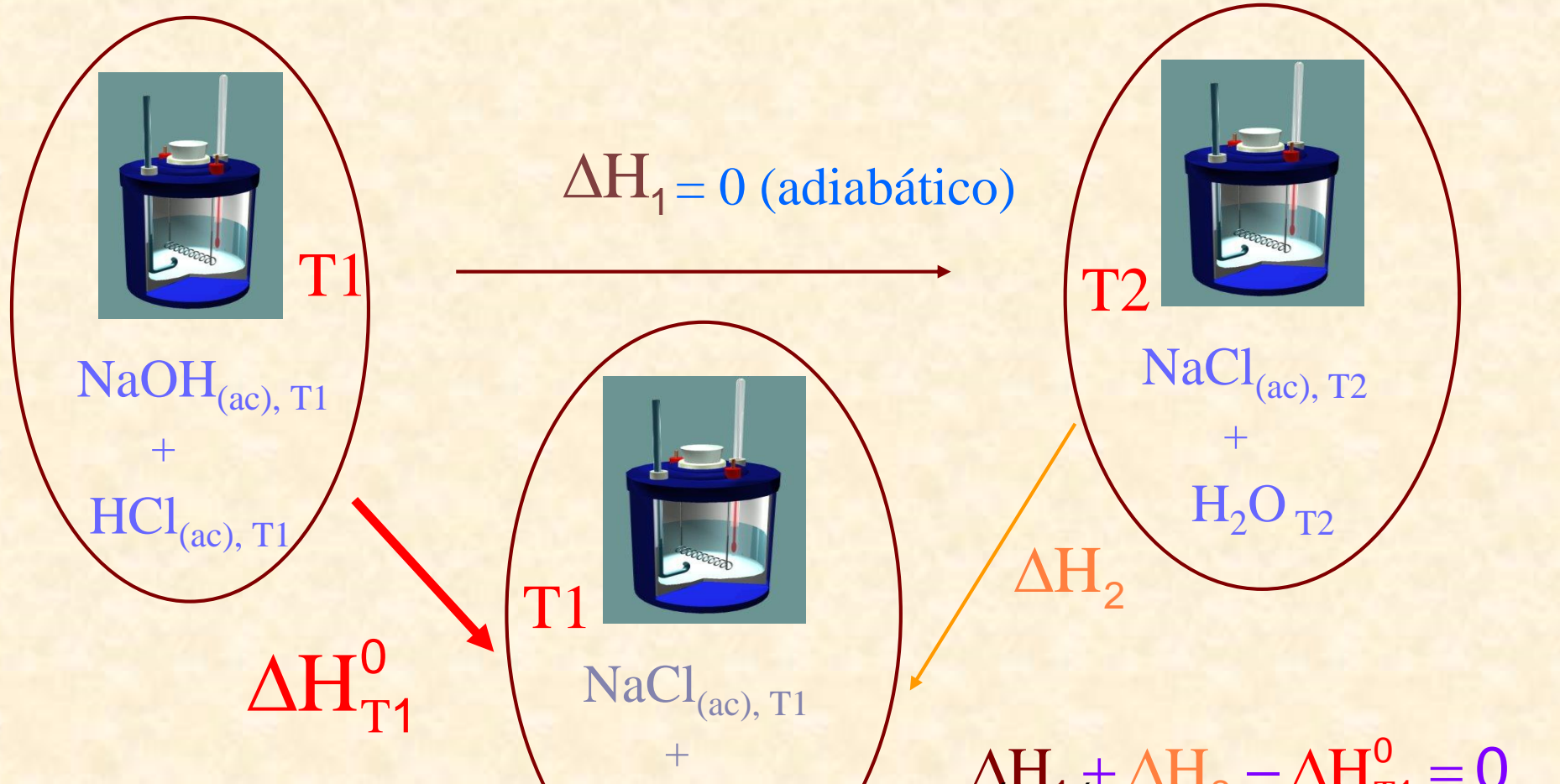
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Cartagena99

Datos obtenidos principalmente por conversión a partir de valores de D. D. Wagman et al., Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties. Natl. Bur. Stand. Tech. Notes 270-3, 270-4, 270-5, 270-6, 270-7, 270-8, 270-9, 270-10, 270-11, 270-12, 270-13, 270-14, 270-15, 270-16, 270-17, 270-18, 270-19, 270-20, 270-21, 270-22, 270-23, 270-24, 270-25, 270-26, 270-27, 270-28, 270-29, 270-30, 270-31, 270-32, 270-33, 270-34, 270-35, 270-36, 270-37, 270-38, 270-39, 270-40, 270-41, 270-42, 270-43, 270-44, 270-45, 270-46, 270-47, 270-48, 270-49, 270-50, 270-51, 270-52, 270-53, 270-54, 270-55, 270-56, 270-57, 270-58, 270-59, 270-60, 270-61, 270-62, 270-63, 270-64, 270-65, 270-66, 270-67, 270-68, 270-69, 270-70, 270-71, 270-72, 270-73, 270-74, 270-75, 270-76, 270-77, 270-78, 270-79, 270-80, 270-81, 270-82, 270-83, 270-84, 270-85, 270-86, 270-87, 270-88, 270-89, 270-90, 270-91, 270-92, 270-93, 270-94, 270-95, 270-96, 270-97, 270-98, 270-99, 270-100. Se ha usado para los solutos los estados estándar en la escala de 1 mol/kg.

# Medida experimental de la entalpía de reacción



Cartagena99

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

---

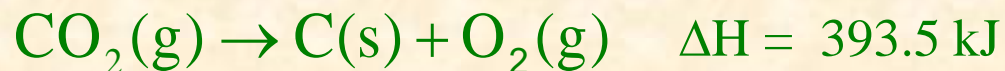
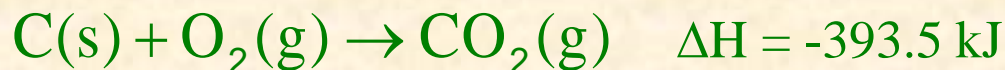
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

### 3. LEYES TERMOQUÍMICAS.

*Consecuencia del 1º Principio de la Termodinámica*

#### Ley de Lavoassiare-Laplace

*El cambio energético que acompaña a una reacción química es de magnitud igual, pero de signo opuesto al que va asociado a la reacción de sentido opuesto.*



Cartagena99

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

---

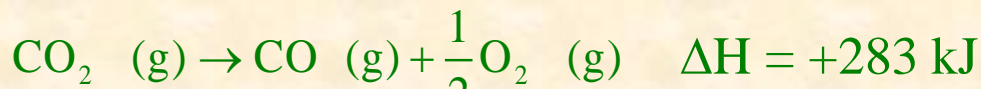
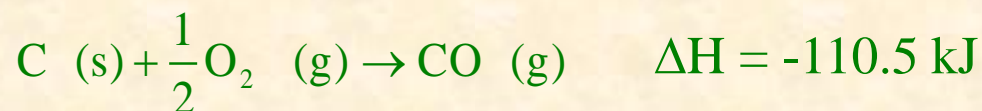
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

### 3. LEYES TERMOQUÍMICAS.

*Consecuencia del 1º Principio de la Termodinámica*

#### Ley de Hess

*La energía intercambiada en forma de calor en una reacción química es la misma tanto si la reacción ocurre en una etapa como si ocurre en varias.*



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

11. Función de Estado

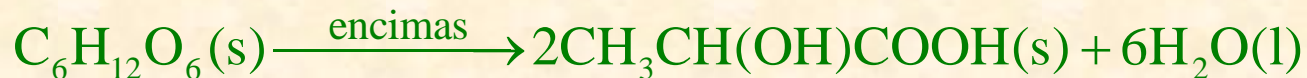
# ENTALPÍA DE REACCIÓN

- Entalpía de Combustión  $\Delta H$  en la reacción de oxidación de una sustancia, para dar  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$  si la sustancia está constituida por C, H, y N

Ej: Combustión de la glucosa en la actividad celular



Fermentación anaeróbica



- Entalpía de Enlace  $\Delta H$  en la reacción de ruptura (formación) de

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

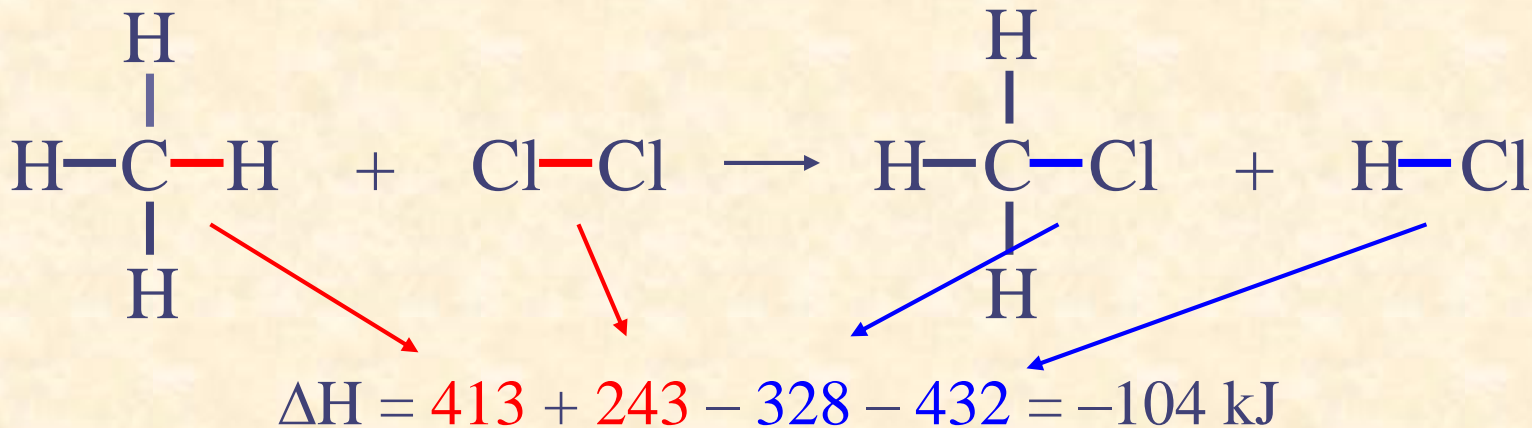
$\Delta H_{298\text{K}}^0 = -428\text{KJ/mol}$

A partir de entalpías de enlace se puede estimar la entalpía de reacción

**Reacción química:** Proceso en el que se rompen unos enlaces y se forman otros nuevos.

Puesto que la entalpía de enlace depende de la molécula se tabulan valores promedio

$$\Delta H \cong \sum EE(\text{rotos}) - \sum EE(\text{formados})$$



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

\* Sólo es aplicable a reacciones entre gases

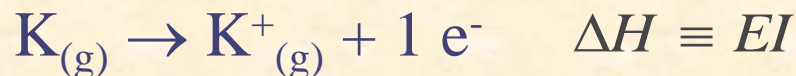
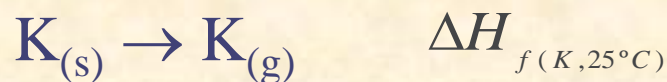
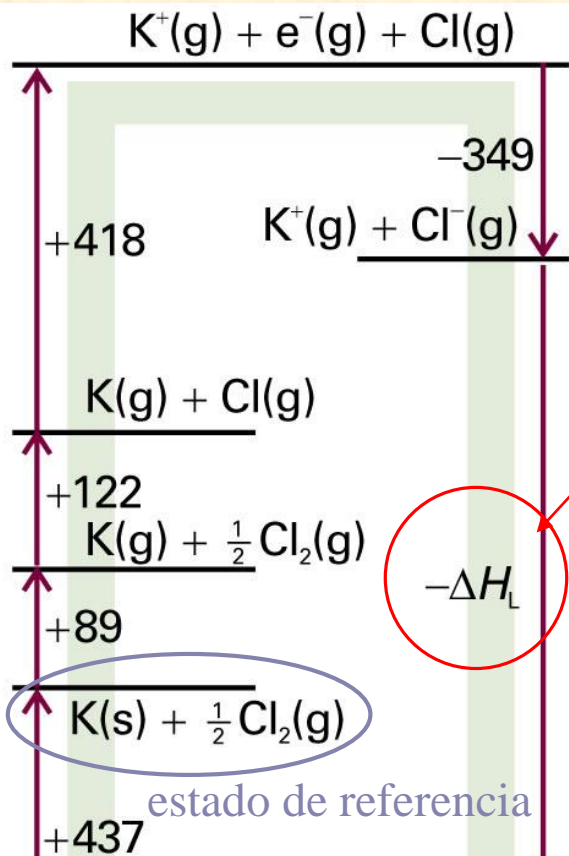


# Ciclos de Born-Haber: Medida de Energía Reticular

(modelo iónico)

$$T=0 \Rightarrow \Delta H = \Delta U$$

$$T \neq 0 \Rightarrow \text{pequeña diferencia}$$



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

Cartagena99

## Tiempo para su consumo (min)

| Ración              | Calorías | sentado | andando | bici | corriendo |
|---------------------|----------|---------|---------|------|-----------|
| Manzana             | 101      | 78      | 19      | 12   | 5         |
| 2 lonchas de beicon | 96       | 74      | 18      | 12   | 5         |
| Huevo cocido        | 77       | 59      | 15      | 9    | 4         |
| Huevo frito         | 110      | 85      | 21      | 13   | 6         |
| Filete de lenguado  | 205      | 158     | 39      | 25   | 11        |
| Zumo de naranja     | 120      | 92      | 23      | 15   | 6         |
| hamburguesa         | 250      | 260     | 67      | 42   | 19        |

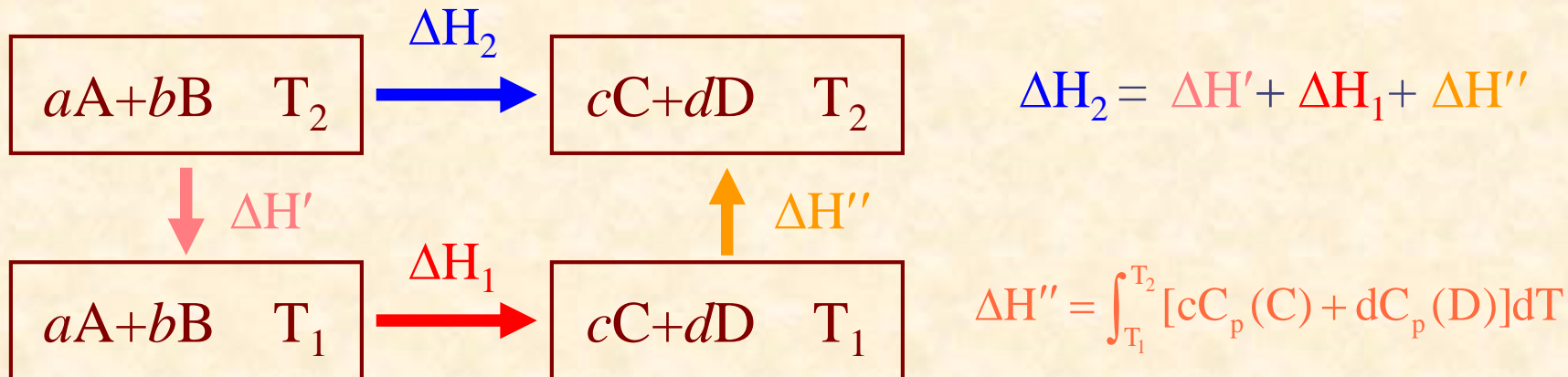
**Cartagena99**

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

# 4. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA ENTALPÍA DE REACCIÓN



$$\Delta H' = \int_{T_2}^{T_1} [aC_p(A) + bC_p(B)]dT = -\int_{T_1}^{T_2} [aC_p(A) + bC_p(B)]dT$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \underbrace{\int_{T_1}^{T_2} [cC_p(C) + dC_p(D) - aC_p(A) - bC_p(B)]dT}$$

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

## 5. VARIACIÓN DE ENTROPÍA Y ENERGÍA LIBRE DE REACCIÓN



Cálculo de entropía estándar de reacción ( $\Delta S_T^0$ )

$$\Delta S_T^0 = \sum_{\text{prod}} v_{\text{prod}} S_T^0(\text{prod}) - \sum_{\text{reac}} v_{\text{reac}} S_T^0(\text{reac})$$

El Tercer Principio de la Termodinámica dice que la  $S_{0K}^0$  de una sustancia pura en su forma condensada estable es cero

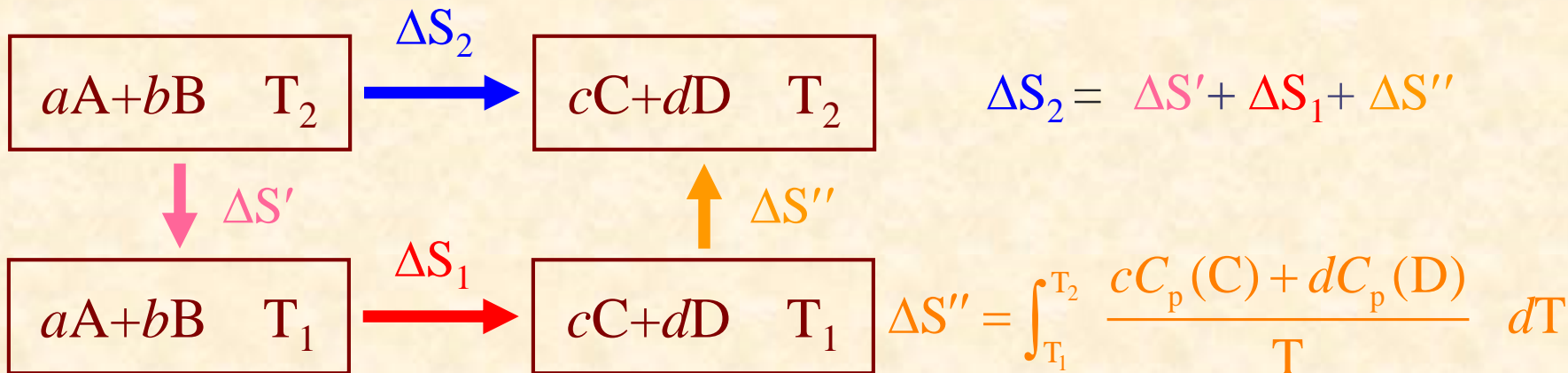
Cartagena99

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

# VARIACIÓN DE LA ENTROPÍA DE REACCIÓN CON LA TEMPERATURA.



$$\Delta S' = \int_{T_2}^{T_1} \frac{a C_p(A) + b C_p(B)}{T} dT = - \int_{T_1}^{T_2} \frac{a C_p(A) + b C_p(B)}{T} dT$$

$$\Delta S_2 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c C_p(C) + d C_p(D) - a C_p(A) - b C_p(B)}{T} dT$$

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

$\Delta C_p / T$

$$\Delta S_2 = \Delta S_1 + \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta C_p}{T} dT$$

Si  $\Delta C_p = \text{cte}$

$$\Delta S_2 = \Delta S_1 + \Delta C_p \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T} dT = \Delta S_1 + \Delta C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

**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

**Energía libre estándar de formación ( $\Delta G_f^\circ$ ) de una sustancia:**

Variación de energía libre estándar de reacción para la formación de un mol de la sustancia a partir de sus elementos en su estado estándar.

(Unid:  $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

$$\Delta G^\circ = \sum_{\text{prod}} \nu_{\text{prod}} \Delta G_f^\circ(\text{prod}) - \sum_{\text{reac}} \nu_{\text{reac}} \Delta G_f^\circ(\text{reac})$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta H_f^\circ \longrightarrow \Delta H^\circ \\ S^\circ \longrightarrow \Delta S^\circ \end{array} \right\} \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

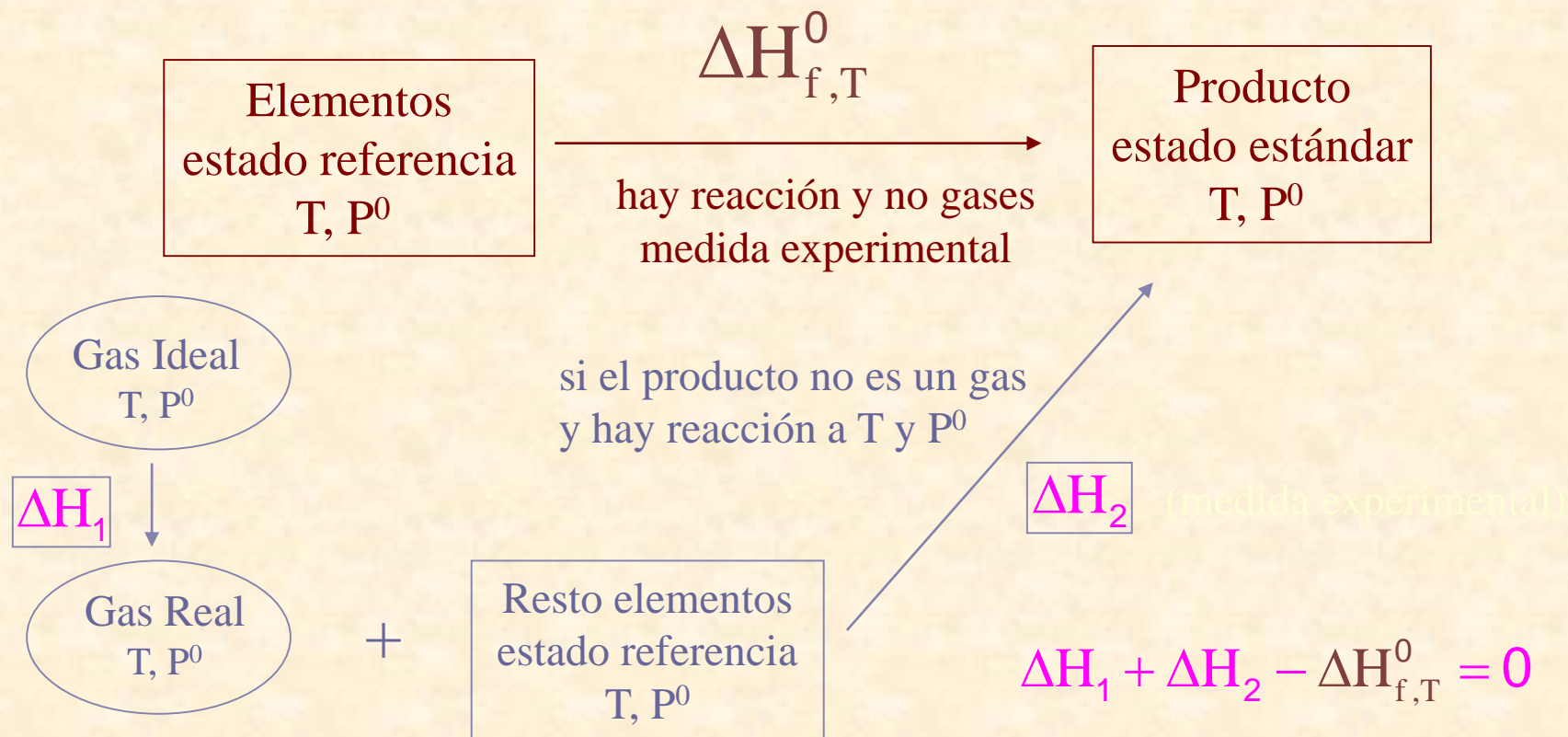
**Cartagena99**

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

# Medida de la entalpía de formación de un compuesto



Cartagena99

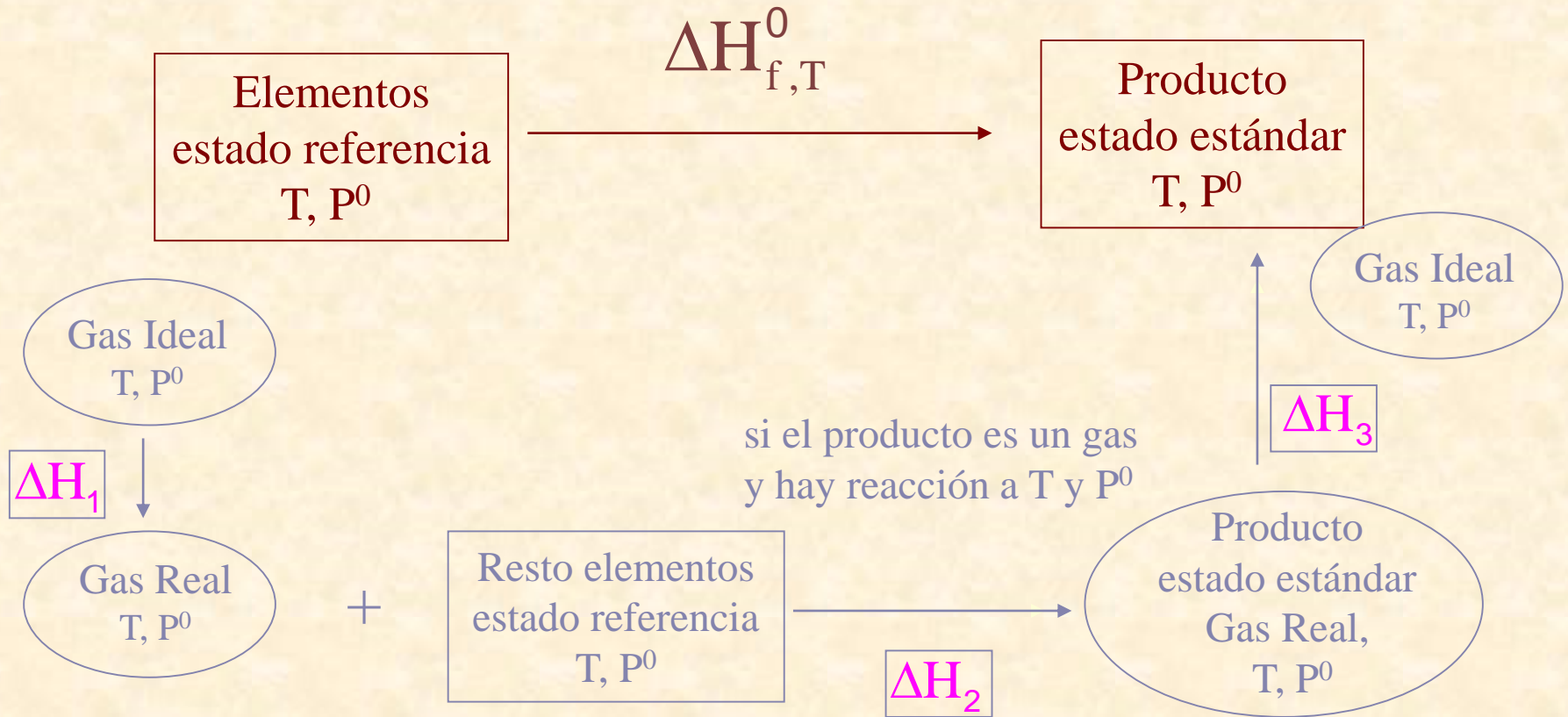
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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



# Medida de la entalpía de formación de un compuesto



Cartagena99

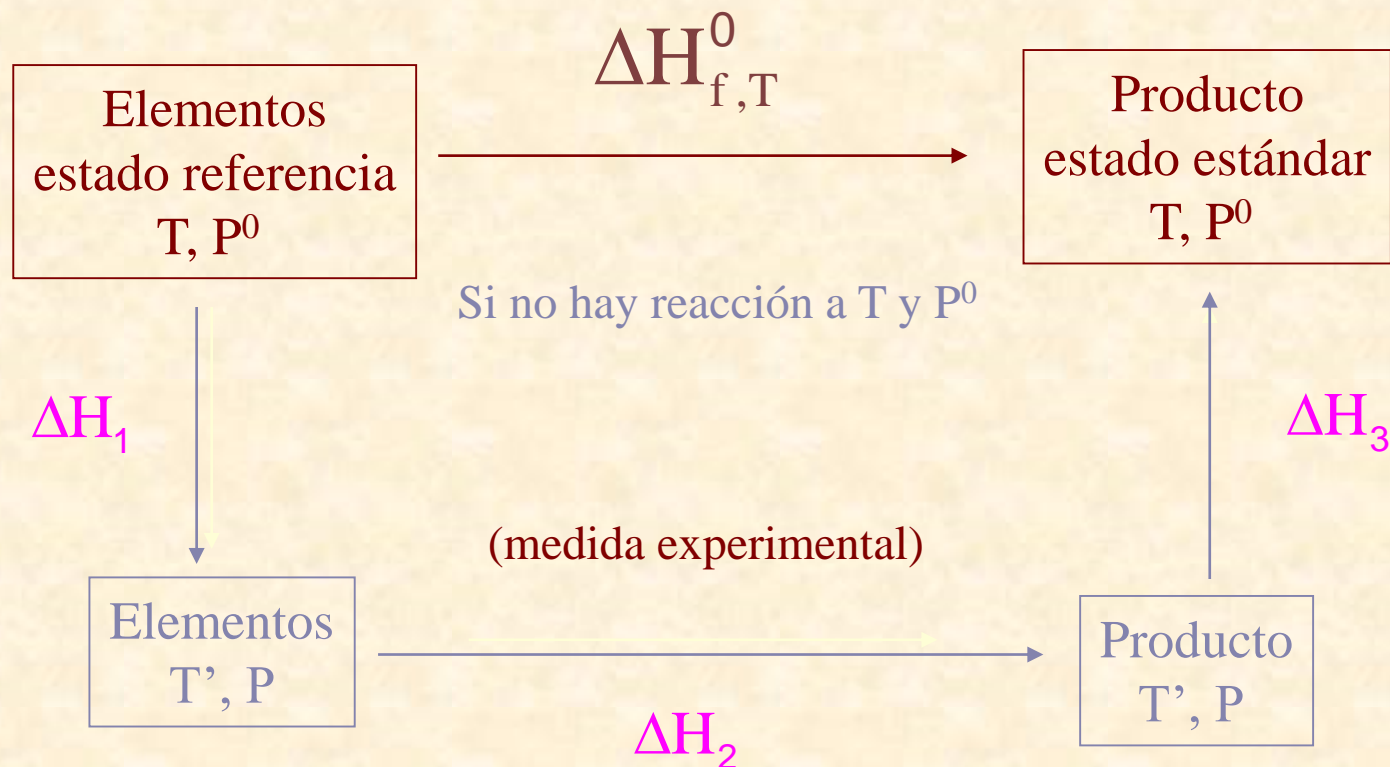
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

$$\Delta H_f^0 = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

# Medida de la entalpía de formación de un compuesto



Cartagena99

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

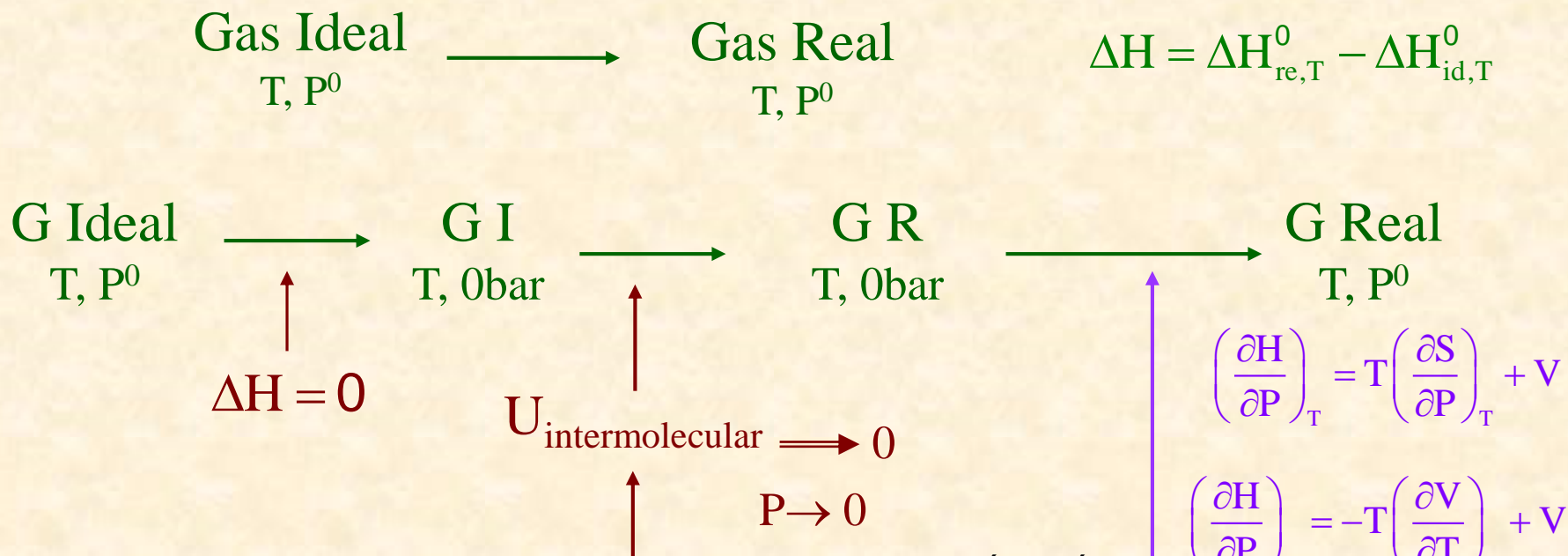
---

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

$$\Delta H_{f,T}^0 = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

# Medida de la entalpía de formación de un compuesto

1° Si alguno de los reactivos es Gas, como no existen los GI:  
(*realmente reaccionan Gases Reales*)



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

# Medida de la entalpía de formación de un compuesto

1° Si alguno de los reactivos es Gas, como no existen los GI,  
(*realmente reaccionan Gases Reales*)



$$\Delta H_1 = - \int_0^{P^0} \left[ T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP$$

2° Se mide en un calorímetro  $\Delta H$  al mezclar los elementos puros a T y 1bar  $\Delta H_2$  (*entalpía de mezcla*)

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

$$\Delta H_3 = \int C_p dT + \int (V - T V \alpha) dP$$

## Medida de la entalpía de formación de un compuesto

4° En el calorímetro se mide  $\Delta H$  de la reacción de formación del compuesto a partir de los elementos  $\Delta H_4$

5° Se calcula  $\Delta H$  para llevar los productos desde el estado en que se forman a las condiciones de T y P<sup>0</sup>

$$\Delta H_5 = \int C_p dT + \int (V - TV\alpha) dP$$

6° Si alguno de los productos es un gas, se calcula  $\Delta H$  para la transformación de Gas Real a Gas Ideal a T y P<sup>0</sup>

$$\Delta H_6 = - \int_0^{P^0} \left[ T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP$$

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