

Química Física I

Grupo A

Profesor:

Rafael Andreu

Dpto. de Química Física

Clases teóricas:

Se imparten en el **Aula II**.

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

Seminarios:

La mayoría, **pero no todos**, se imparten en el **Aula II**, siendo **obligatoria la asistencia**.

Horario: **de 9:30 a 11:30, de 11:30 a 13:30 o de 12:30 a 14:30** los días indicados en la guía.

Exámenes: **se evaluará el trabajo y la actitud en los Seminarios.**

Clases prácticas:

Se imparten en el **Laboratorio I0.35 de la Facultad de Informática**, siendo **obligatoria la asistencia**.

Horario: **de 16:00 a 20:00 durante una semana, y a partir del 22 de Octubre.**

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange gradient background.

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

Sistemas de evaluación

Evaluación continua

60% Examen escrito
20% Seminarios, sólo eval. cont.
20% Prácticas

Un mínimo de 5 en cada apartado para efectuar la media

Calificación ≥ 5

Asignatura aprobada mediante el sistema de **evaluación continua por curso**

Calificación < 5

Sistema de **evaluación mediante examen final**

Febrero { ▶ Examen escrito teórico (80%)
Julio { ▶ Examen de prácticas si no
Diciembre { están superadas (20%)

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

Revisión de conceptos fundamentales y aplicaciones del potencial químico

Temario:

- 1.- *Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica (3 s.)*
- 2.- *Equilibrio entre fases de sustancias puras (1 s.)*
- 3.- *Introducción a los sistemas multicomponentes (2 s.)*
- 4.- *Disoluciones (2 s.)*
- 5.- *Sistemas multifásicos y multicomponentes (2 s.)*
- 6.- *Equilibrio químico (2 s.)*

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

Bibliografía:

-**Levine, I.N.** *Fisicoquímica* (6^a edición). McGraw-Hill. Madrid, 2014.

-**Castellan, G.W.** *Fisicoquímica* (2^a edición). Addison Wesley Iberoamericana. México, 1987.

-**Atkins, P.W.** *Química Física* (5^a edición). Editorial Omega, Barcelona, 1999.

Importante:

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

La Termodinámica

Es la rama de la Física que pretende, a partir de unos pocos postulados básicos, derivar relaciones entre las **propiedades de la materia** y describir la interconversión entre los distintos tipos de **energía**

Tiene una estructura deductiva a partir de cuatro principios

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

Los cuatro principios

Enunciados aproximados:

CERO: Dos sistemas en equilibrio térmico con un tercero, también lo están entre sí

PRIMERO: La energía del Universo se conserva en cualquier proceso

SEGUNDO: La entropía del Universo aumenta en cualquier proceso

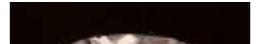
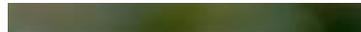
Cartagena99

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

La Termodinámica a nuestro alrededor



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

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica



Conceptos básicos

Principio cero y temperatura

Primer principio

Entalpía

Segundo principio

Tercer principio

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

Sistema, ambiente y universo

Centramos nuestro estudio en una parte del Universo, que llamamos **sistema**, donde tienen lugar los procesos que nos interesan. Al resto del Universo le llamamos **ambiente o entorno**.



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

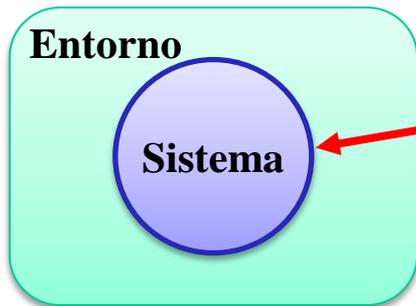
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

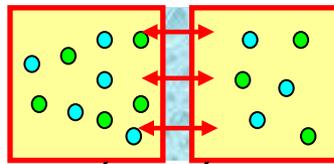
Tipos de paredes

Los límites, mentales o físicos, de un sistema constituyen las **paredes** del sistema.

UNIVERSO



Permite	Si	NO
Cambio volumen	Móvil	Rígida
Transferencia calor	Diaterma	Adiabática
Transferencia materia	Permeable	Impermeable



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

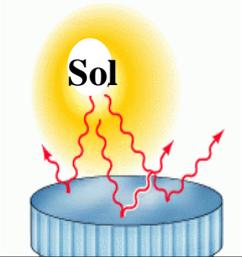
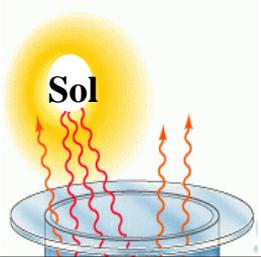
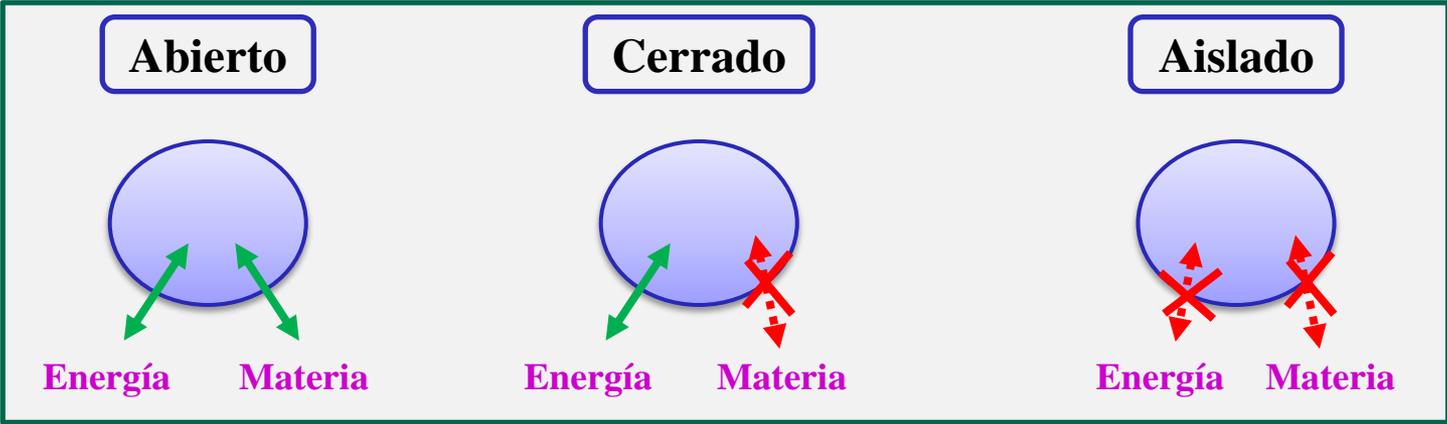
Cartagena99

Adiabática

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Tipos de sistemas

Las propiedades de las paredes permiten clasificar a los sistemas en **abiertos**, **cerrados** y **aislados**



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

Abierto

Cerrado

Aislado

Propiedades del sistema

La etiqueta especifica las **propiedades** de la prenda, y nos permite **identificarla**



El **estado del sistema** queda definido por la **lista de los valores (numéricos ó no)** de sus propiedades, que constituye la etiqueta del estado del sistema



(Un sistema cualquiera)

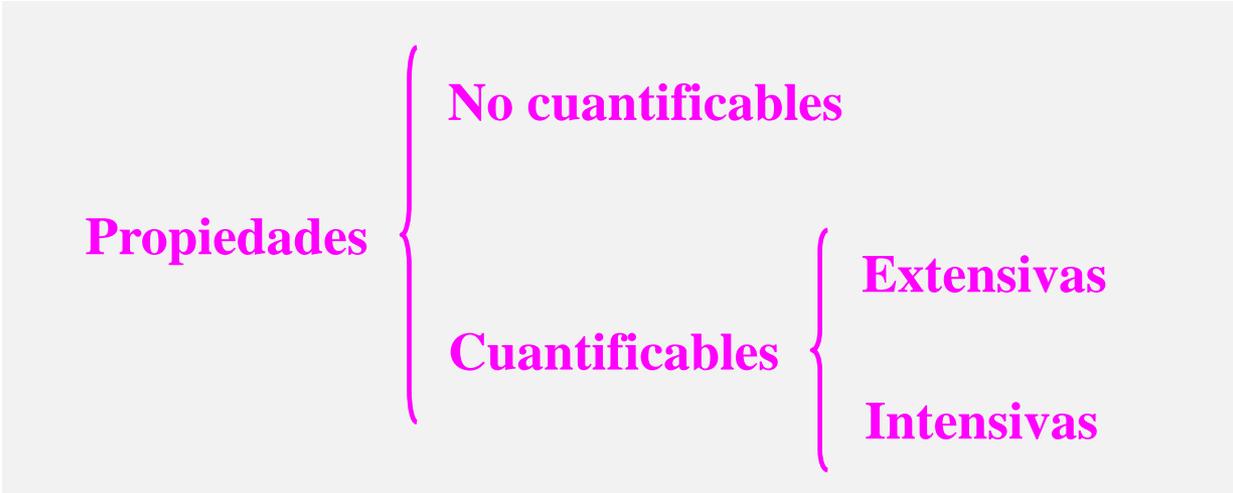
Cartagena99

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

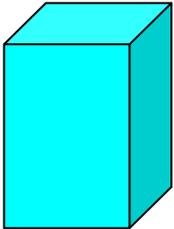
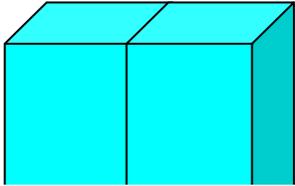
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

para que queden fijadas las demás, y el estado del sistema

Propiedades del sistema



Valor



Valor I

Intensiva si:
Valor = Valor I = Valor II

Cartagena99

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

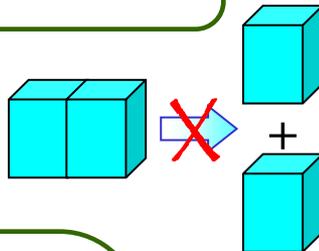
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Propiedades del sistema

Intensivas

No dependen de la cantidad de materia del sistema

No son aditivas



Ejemplos:

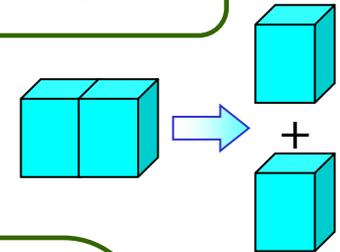
Temperatura

Densidad

Extensivas

Aumentan con la cantidad de materia del sistema

Son aditivas



Ejemplos:

Masa

Volumen

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

Cartagena99

Propiedades del sistema

Si las propiedades intensivas tienen el mismo valor en cualquier parte de un sistema, el sistema se denomina **homogéneo**



En caso contrario se denomina **heterogéneo**, y a cada parte homogénea del sistema se le llama **fase**



Cartagena99

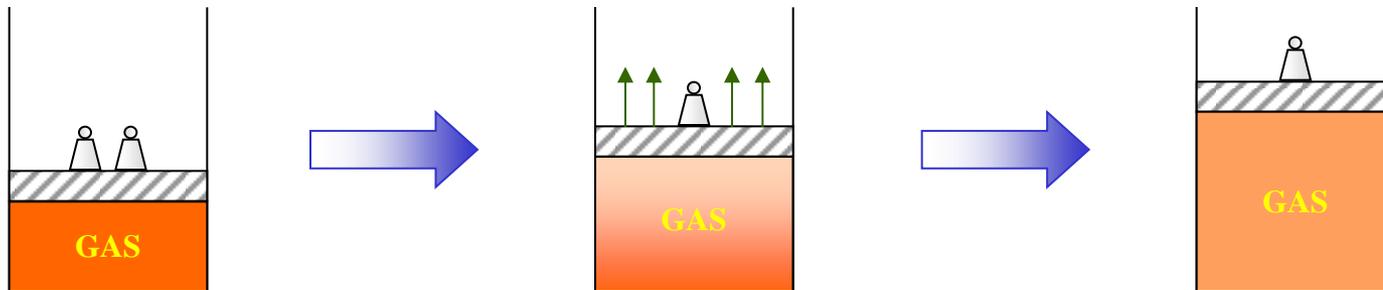
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

fase, ya que sus propiedades intensivas son idénticas

Propiedades del sistema

Un sistema se encuentra en un **estado termodinámico de equilibrio** cuando todas sus propiedades tienen valores bien definidos e independientes del tiempo



Estado inicial de equilibrio:
gas comprimido

Etapa intermedia en
la que las
propiedades del gas

Estado final de equilibrio:
gas expandido

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 del sistema

La Termodinámica estudia sistemas en equilibrio

El equilibrio termodinámico implica:

Equilibrio térmico



Temperatura constante en todo el sistema, y no se intercambia calor

Equilibrio mecánico



Todas las fuerzas están equilibradas

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 del sistema

A cada estado del sistema le corresponde un conjunto dado de valores de las infinitas propiedades del sistema. **Basta con variar el valor de una propiedad para que cambie el estado del sistema.**

Por eso se emplean como sinónimos:
“Propiedad termodinámica” y “Función de estado”
Sus valores no dependen de la historia del sistema,
sino sólo de su estado actual

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 del sistema

En sistemas formados por una única fase, con cantidades fijas de sustancias, la especificación de **dos propiedades** termodinámicas, además de la composición, es suficiente para **determinar el estado del sistema**, en ausencia de campos externos y efectos de superficie.

A la expresión que relaciona propiedades de un sistema se le denomina **ecuación de estado**

Por ejemplo, la ecuación de los gases ideales $PV = nRT$, nos indica el valor de la temperatura T que corresponde a n moles de gas ideal cuando ejercen una presión P y ocupan un volumen V , en condiciones de

Cartagena99

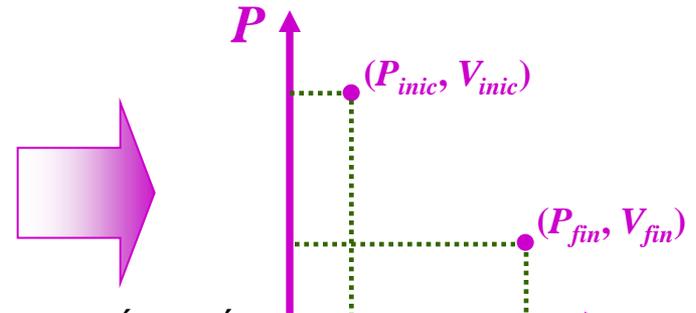
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Propiedades del sistema

Los estados de un sistema (con las restricciones indicadas anteriormente) se corresponden unívocamente con parejas de valores de dos funciones de estado X , Y y, por tanto, se pueden asociar con puntos del plano que tiene como ejes los valores de X e Y . A esta representación gráfica se le denomina **diagrama de estados**.

Por ejemplo, representación de los estados inicial y final de un proceso, en el que el estado inicial es un gas ideal comprimido y el estado final es el mismo gas expandido,

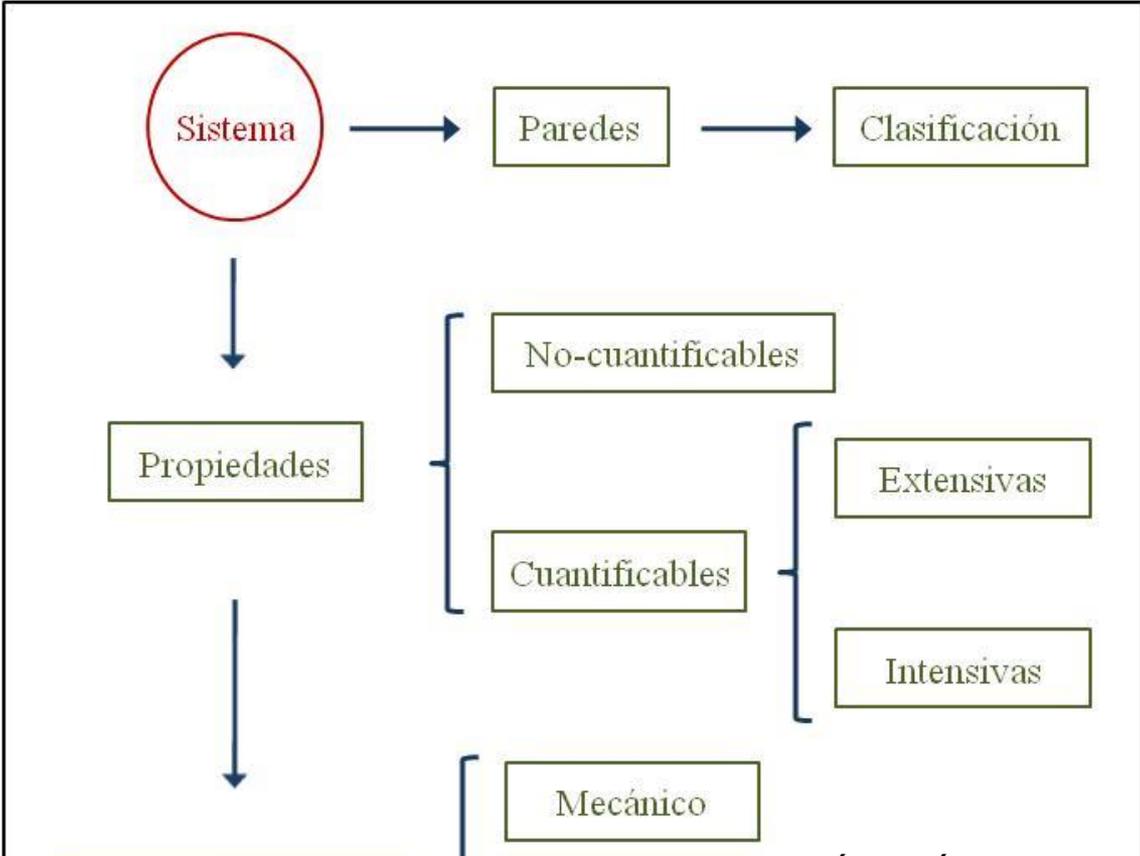


Cartagena99

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

Conceptos básicos



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

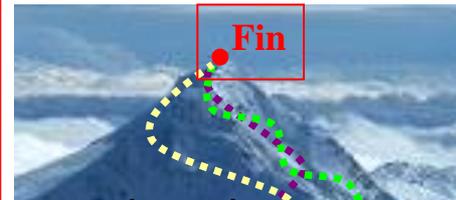
Cartagena99

Procesos termodinámicos

El cambio de un sistema desde un estado inicial de equilibrio a un estado final de equilibrio se denomina **proceso termodinámico**.

Los **cambios** en los valores de las propiedades asociados a un proceso son **únicos**, pero existen **infinitos caminos** que conducen desde un estado inicial dado a un estado final dado.

El cambio en una función de estado X se representa por $\Delta X = X_{final} - X_{inicial}$, donde X_{final} y $X_{inicial}$ son los valores de la



El valor de Δh es único

Cartagena99

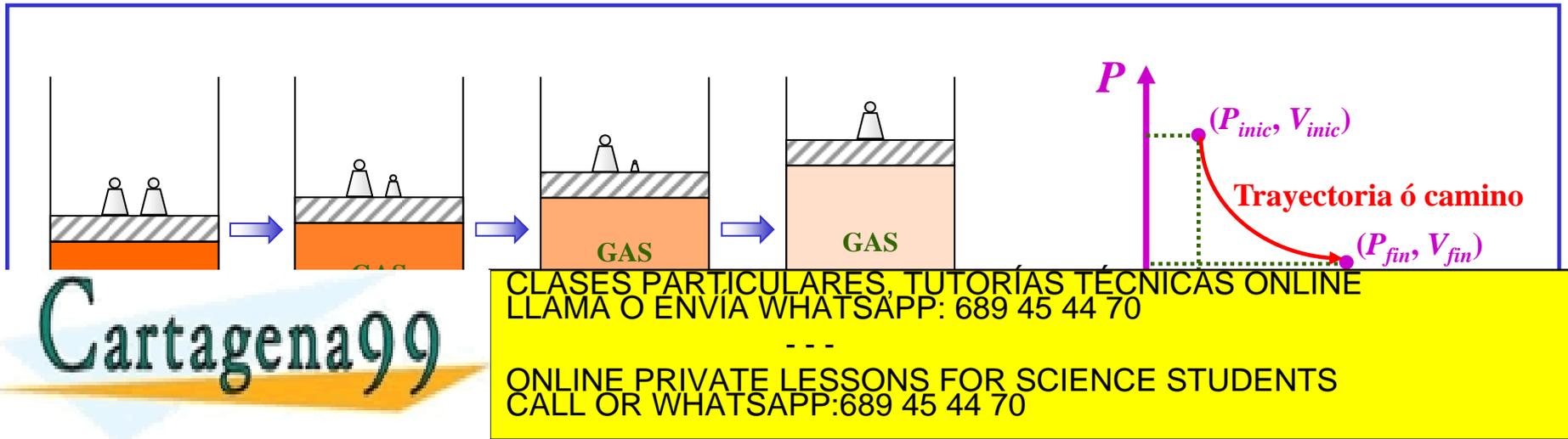
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Procesos termodinámicos

Existe un tipo de procesos ideales que pueden describirse mediante trayectorias en un diagrama de estados, y que se denominan **procesos reversibles**.

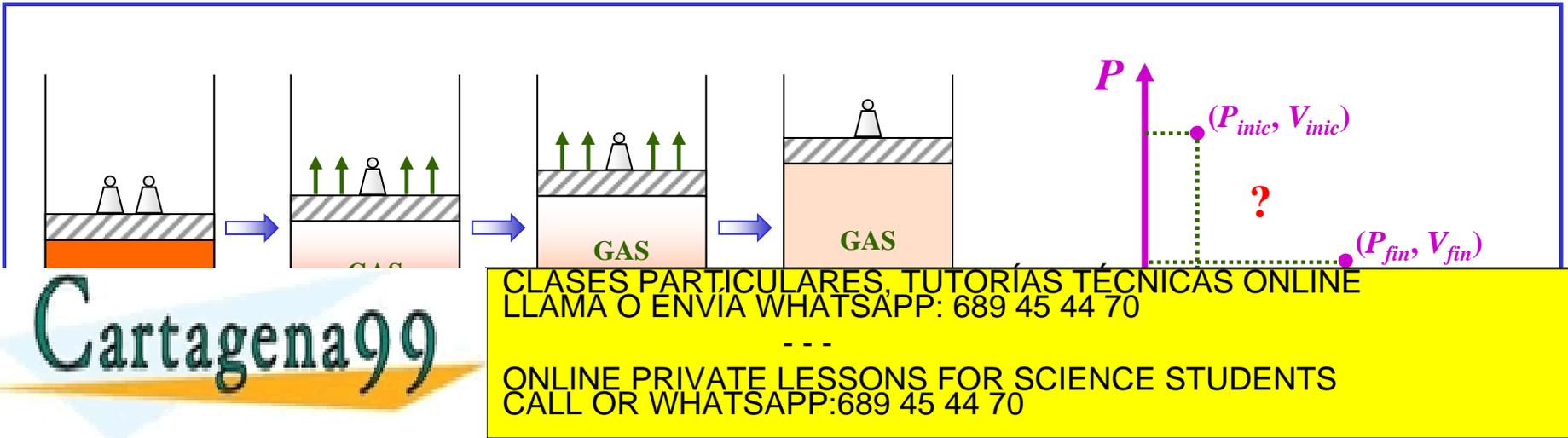
En un proceso reversible, el sistema atraviesa **infinitos estados de equilibrio**, infinitesimalmente próximos, para llegar desde el estado inicial al final.



Procesos termodinámicos

Los procesos reales no pueden describirse mediante trayectorias en un diagrama de estados, y se denominan **procesos irreversibles**.

En un proceso irreversible, el sistema **no atraviesa estados de equilibrio** para llegar desde el estado inicial al final.



Procesos termodinámicos

Todos los procesos reales son **procesos irreversibles**, mientras que los **procesos reversibles** son herramientas de cálculo, que nos permiten calcular los incrementos de los valores de las funciones de estado entre estados de equilibrio reales

Los procesos reversibles son muy útiles en relación con el **Segundo Principio**, a la hora de calcular incrementos de entropía

Según las condiciones en que tienen lugar, los procesos se denominan:

Isotermo



Reversible

T constante

Irreversible

$T_{\text{inic}} = T_{\text{fin}} = T_{\text{ext}}$

Isobaro



P constante

$P_{\text{inic}} = P_{\text{fin}} = P_{\text{ext}}$

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

Adiabático

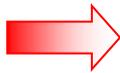


Q = 0

Q = 0

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica

Conceptos básicos



Principio cero y temperatura

Primer principio

Entalpía

Segundo principio

Tercer principio

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

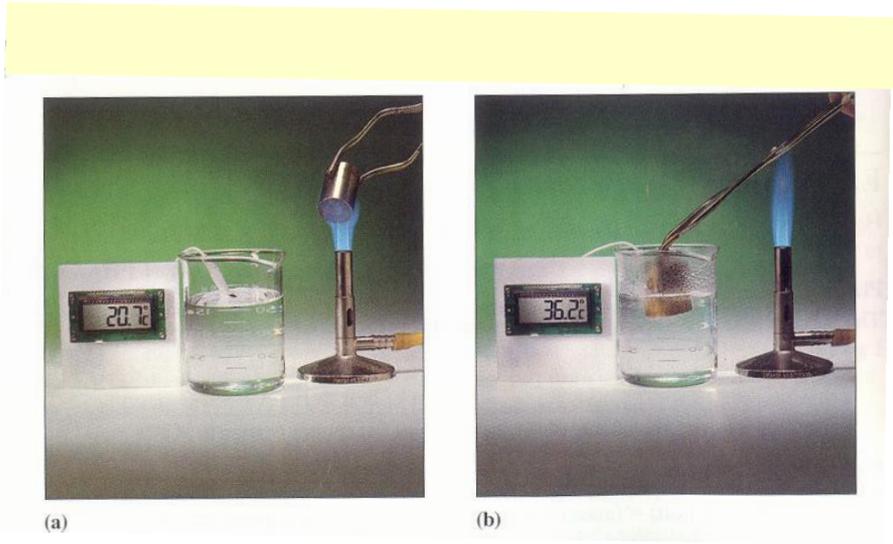
- - -

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

Cartagena99

La temperatura

Nuestros sentidos la relacionan con la capacidad para distinguir entre objetos **calientes y fríos**



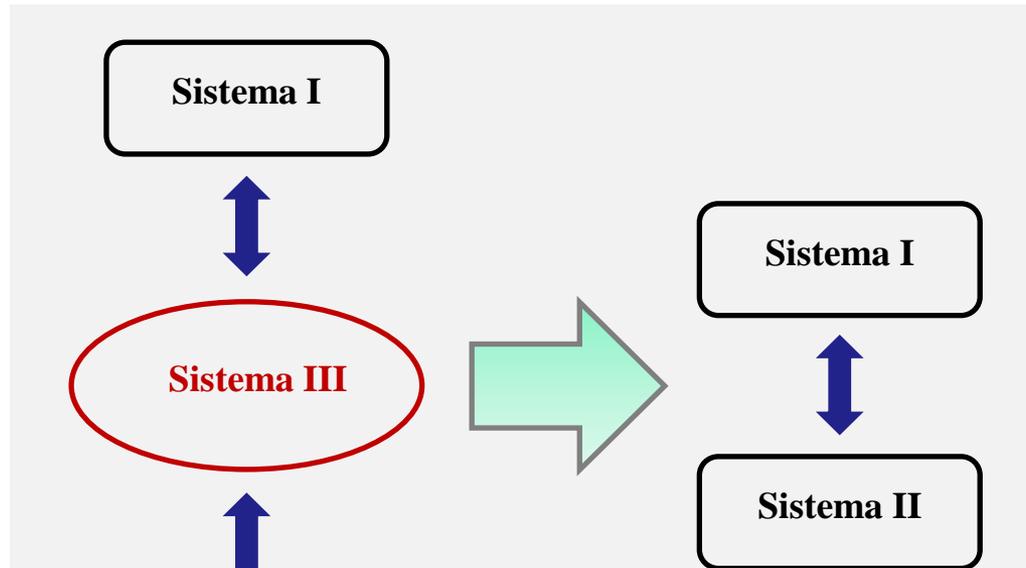
Cartagena99

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

Principio cero

Dos sistemas en equilibrio térmico con un tercero, también están en equilibrio térmico entre sí



Cartagena99

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

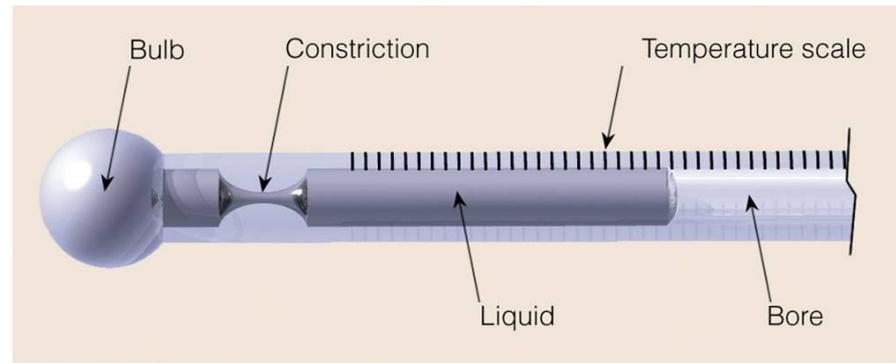
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

La temperatura

Para asignar valores numéricos a la temperatura se han ideado los termómetros

El principio de funcionamiento de un termómetro se basa en la **variación** de ciertas propiedades, como el volumen o la resistencia eléctrica, **con la temperatura**

Termómetro de mercurio:



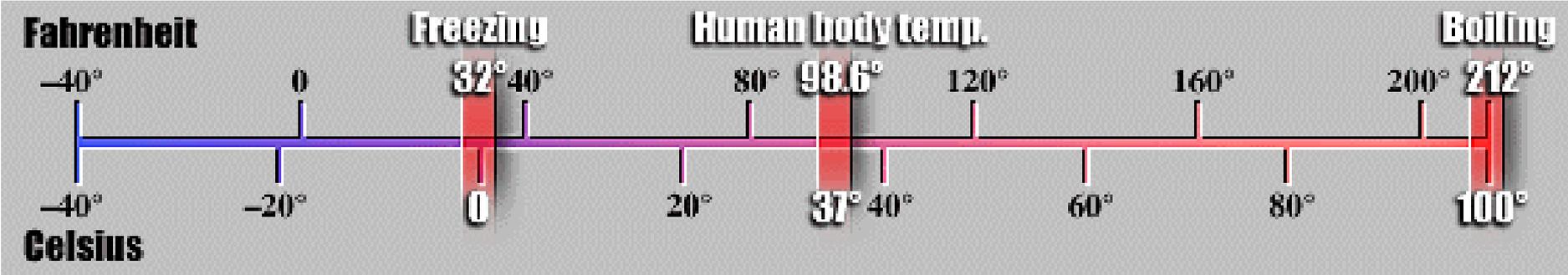
Cartagena99

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

La temperatura

Para construir una escala de temperaturas, se asignan **valores arbitrarios de temperatura a dos sistemas fácilmente reproducibles**, y se supone que **la propiedad termométrica varía linealmente con la temperatura**.



En la escala centígrada, 0°C corresponde a la mezcla

Cartagena99

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

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

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica

Conceptos básicos

Principio cero y temperatura



Primer principio

Entalpía

Segundo principio

Tercer principio

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

La energía

“In speaking of the Energy of the field, however, I wish to be understood literally. **All energy is the same** as mechanical energy, whether it exists in the form of motion or in that of elasticity, or in any other form. The energy in electromagnetic phenomena is mechanical energy. **The only question is, Where does it reside?**”



James C. Maxwell
(1831-1879)

La energía es una propiedad extensiva del sistema que mide su capacidad para realizar trabajo o producir calor

No se pueden medir valores absolutos de energía, y únicamente tienen sentido físico las variaciones de energía

La propiedad fundamental de la energía, y que la hace tan útil, es su conservación en cualquier proceso

Cartagena99

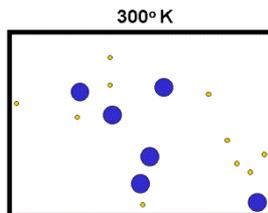
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

La energía son la caloría ($1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$) y la atmosfera por litro ($1 \text{ atm L} = 101 \text{ J}$).

La energía

Energía cinética de traslación

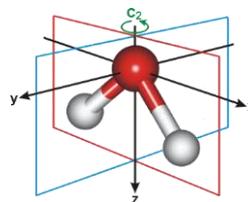


De las moléculas



Del sistema

Energía cinética de rotación



De las moléculas

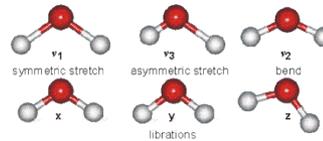
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

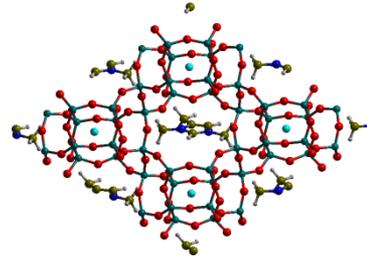
Cartagena99

La energía

Energía de vibración



De las moléculas



Del cristal



Del sistema

Energía potencial elástica, energía potencial

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

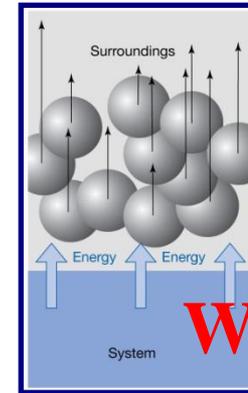
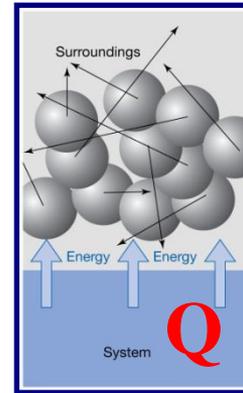


James P. Joule
(1818-1889)

Calor y trabajo

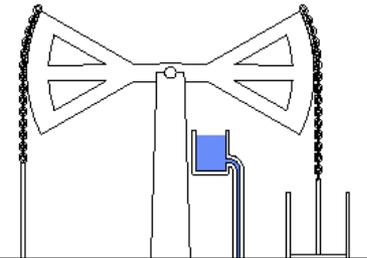
Se “distinguen” por su efecto sobre las moléculas del entorno

Representan dos formas de intercambiar energía entre un sistema y su entorno.



El trabajo permite calentar (o enfriar)

El calor permite



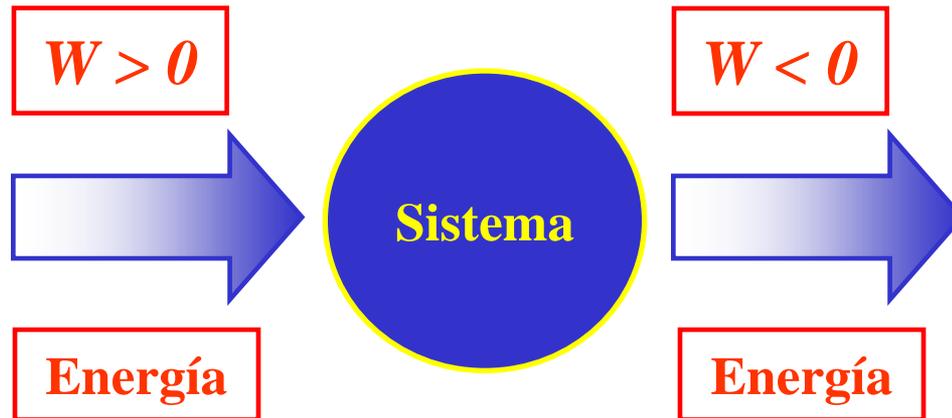
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Cartagena99

Calor y trabajo

Al contrario del uso habitual en Mecánica, un trabajo positivo (negativo) aumenta (disminuye) la energía del sistema.



Análogamente, para Q :



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

Energía

Primer Principio

Primer Principio:

Existe una función de estado extensiva del sistema, denominada energía (E), tal que para cualquier proceso en un sistema cerrado se verifica que: $\Delta E = Q + W$

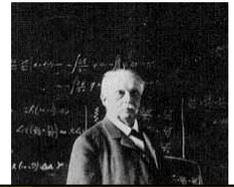
$$\text{Sistema: } \Delta E = Q + W$$

$$\text{Entorno: } \Delta E_{ent} = Q_{ent} + W_{ent}$$

$$Q = - Q_{ent}$$

$$W = - W_{ent}$$

$$\text{Universo: } \Delta E_{univ} = \Delta E + \Delta E_{ent}$$



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

(1821-1894)

Primer Principio

$$E = E_{cin} + E_{pot} + U$$

E_{cin}

Traslacional



Rotacional



E_{pot}

Gravitacional



Electromag.



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

La energía interna

Contribuciones moleculares a la energía interna

Gas

U_{tras} , U_{rot} , U_{vib} , $U_{intermol}$, U_{elec}

poliatómico

gas real

Líquido

U_{tras} , U_{rot} , U_{vib} , $U_{intermol}$, U_{elec}

Sólido

U_{vib} , $U_{intermol}$, U_{elec}

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

elec ~~...~~ los cambios energéticos en las reacciones químicas

Primer Principio

Generalmente los químicos estudian sistemas en reposo y en ausencia de variaciones de campos externos, por lo que: $\Delta E_{cin} = \Delta E_{pot} = 0$.

En estas condiciones, el primer principio se reescribe como:

$$\Delta U = Q + W$$

La energía interna U de un sistema es la suma de las energías de sus moléculas

Función de estado

Extensiva

U no depende del camino inicial o final, pero Q y W sí.

U aumenta con el

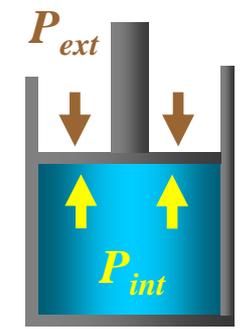
Cartagena99

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

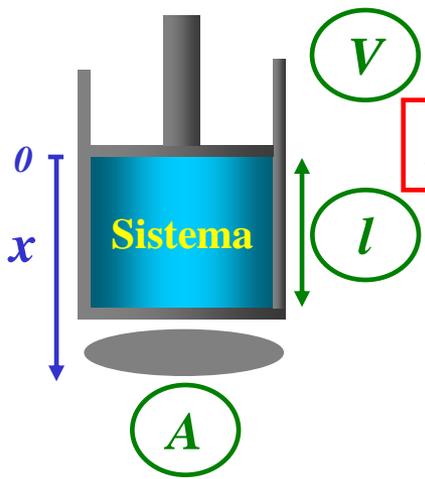
Trabajo P-V

Estado inicial



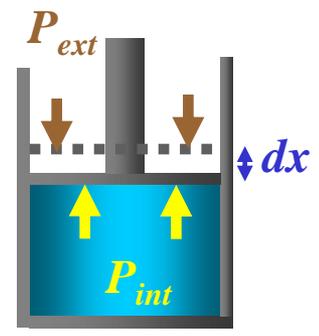
$$P_{ext} = P_{int}$$

Coordenadas



$$A dx = -dV$$

Compresión



$$P_{ext} > P_{int}$$

$$\delta W_{sistema} = F_x dx = P_{ext} A dx = -P_{ext} dV$$



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

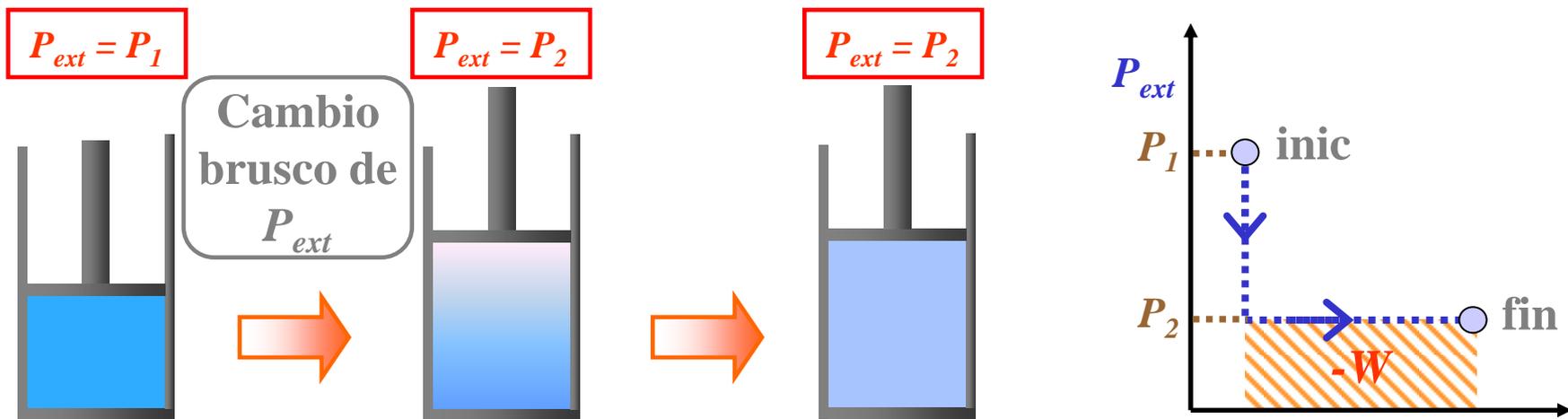
Trabajo P-V

$$W = - \int_{V_{inic}}^{V_{fin}} P_{ext} dV$$

Irreversible: hay que especificar la relación entre P_{ext} y V

Reversible: $P = P_{ext}$, la ecuación de estado relaciona P y V

Irreversible: únicamente consideraremos el caso P_{ext} constante cuando cambia V



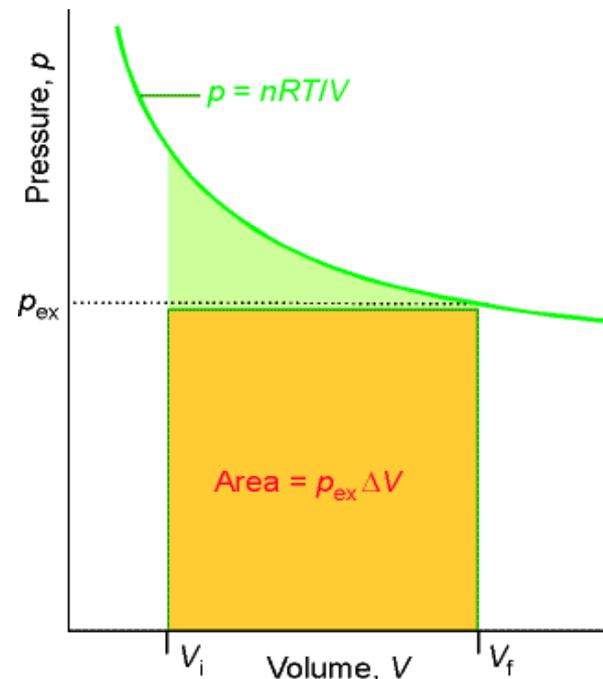
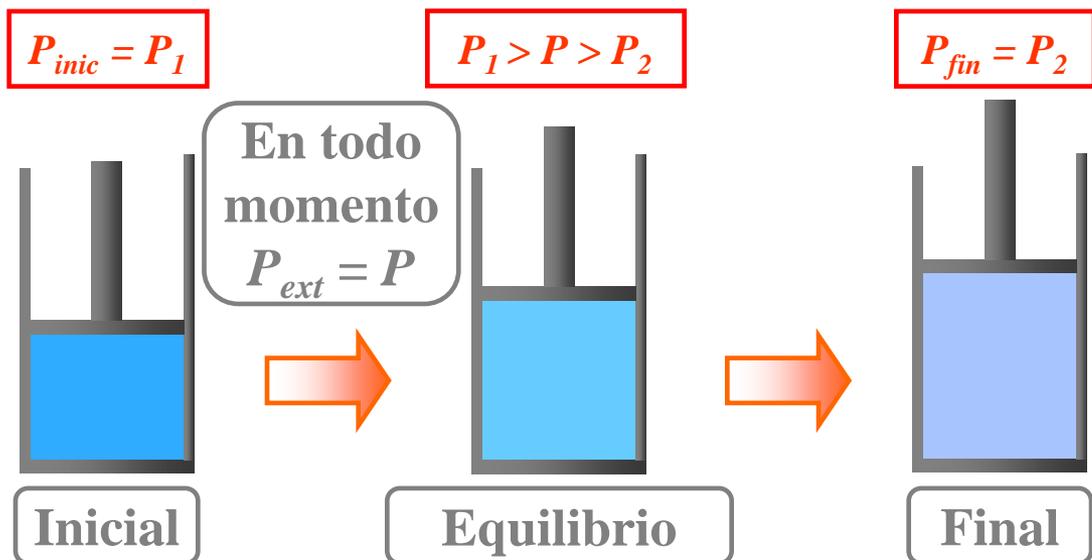
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Cartagena99

Trabajo P-V

Reversible: expansión isoterma de un gas ideal



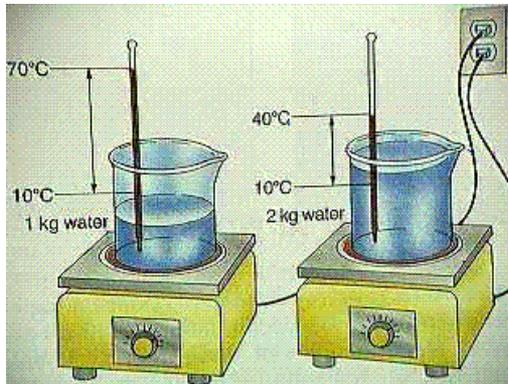
Cartagena99

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

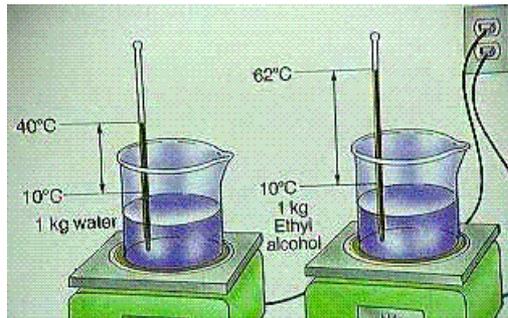
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Intercambio de calor

Dos observaciones cotidianas



Para un mismo Q , el incremento de temperatura es inversamente proporcional a la **cantidad de sustancia** que calentamos



Para un mismo Q , el incremento de temperatura depende del **tipo de sustancia** que calentamos

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

¿ y si están relacionados a través de las propiedades del sistema? 45

Q a V constante

Mantener el volumen constante equivale a hacer $W = 0$, ya que únicamente consideramos trabajo de expansión/compresión.

En la práctica, se pueden calentar/enfriar gases manteniendo el volumen constante, pero no líquidos ó sólidos (aunque ΔV sea pequeño en estos casos)

El Primer Principio implica en este caso:

$$\Delta U = Q_V$$

Independiente
del camino

Cartagena99

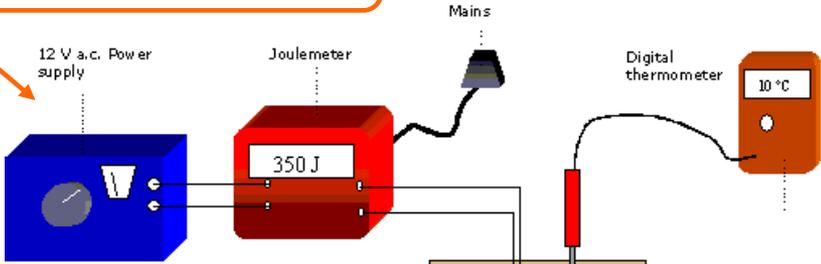
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Q a V constante

¿Cómo obtener C_V ?

Fuente de corriente eléctrica (alterna)



Resistencia

Termómetro

$$Q_V = \Delta U = \frac{R I_{max}^2 t}{2}$$

ΔT

Pared adiabática

Gas

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

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica

Conceptos básicos

Principio cero y temperatura

Primer principio



Entalpía

Segundo principio

Tercer principio

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

La entalpía

La entalpía H

Definimos una función de estado extensiva, que denominamos **entalpía H** , tal que: $H = U + PV$

La razón de esta definición es que:

$$(U_{fin} + P_{fin} V_{fin}) - (U_{inic} + P_{inic} V_{inic}) = \Delta H = Q_P$$

Independiente
del camino

Cartagena99

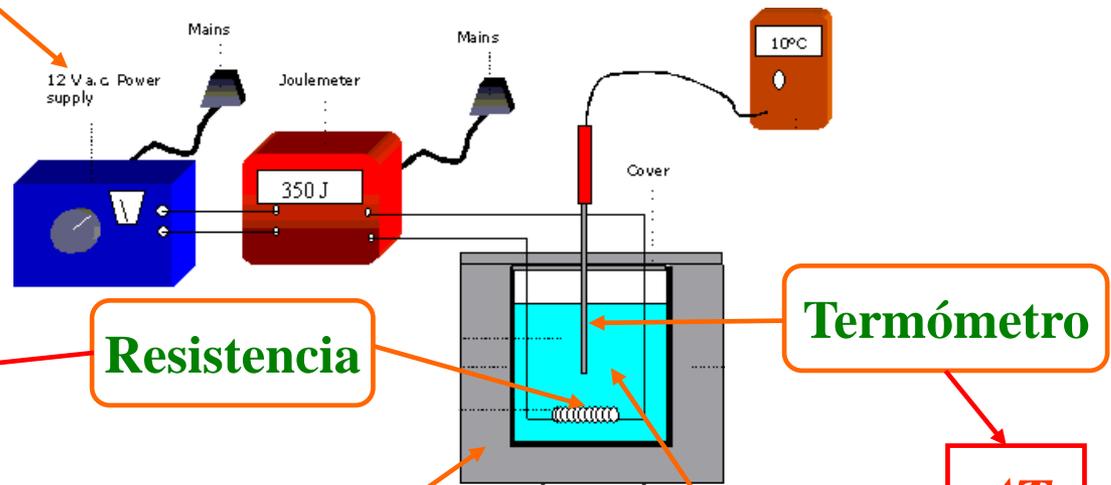
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

La entalpía

¿Cómo obtener C_p ?

Fuente de corriente eléctrica (alterna)



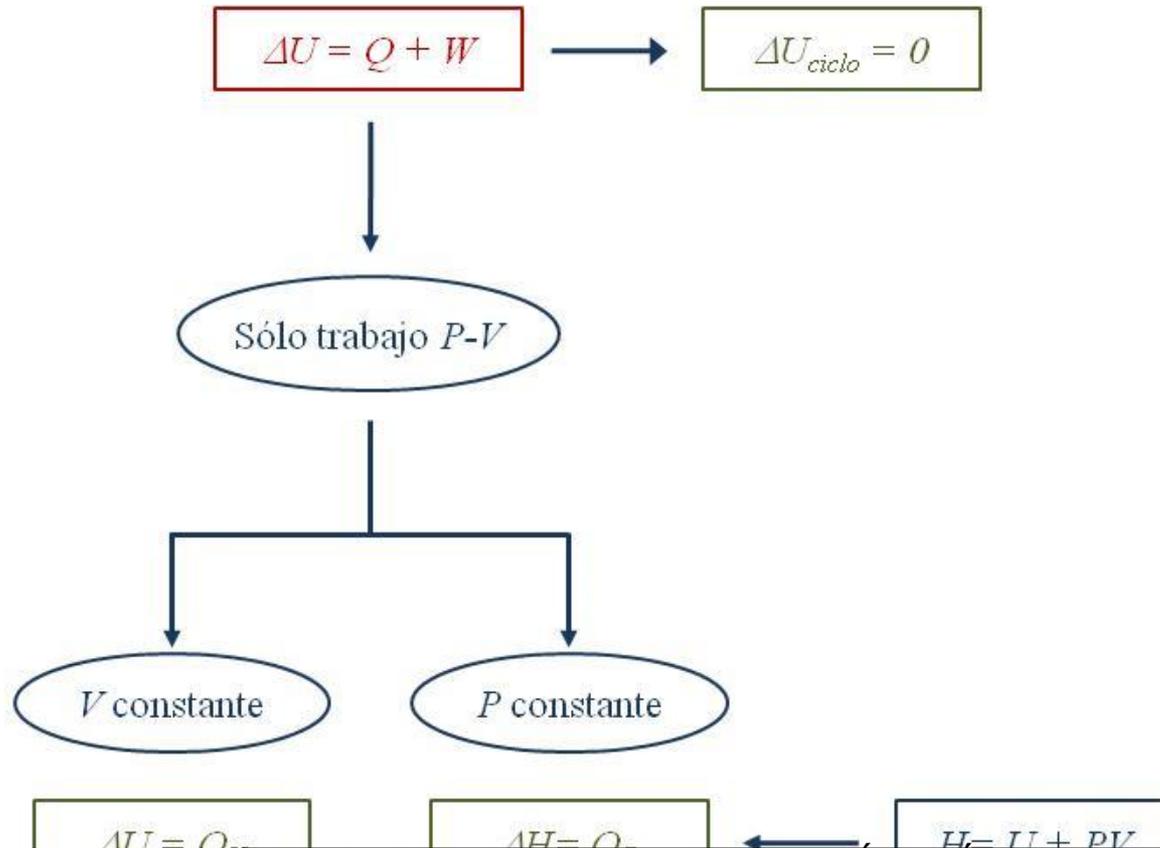
$Q = R I_{max}^2 t$

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 interna y entalpía



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

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica

Conceptos básicos

Principio cero y temperatura

Primer principio

Entalpía



Segundo principio

Tercer principio

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

La entropía



Ludwig Boltzmann
(1844-1906)

La entropía es una propiedad extensiva que mide la dispersión de la energía en el sistema

No se pueden medir valores absolutos de entropía, y únicamente tienen sentido físico las **variaciones de entropía**, aunque existe un cero natural para sustancias puras en el límite $T \rightarrow 0$

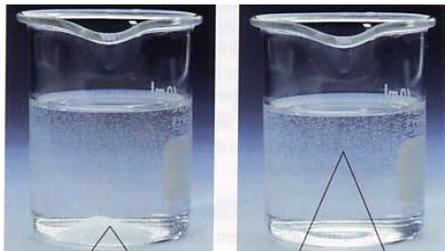
La propiedad fundamental, y que la hace tan útil, es que **la entropía del Universo aumenta en cualquier proceso**

Cartagena99

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

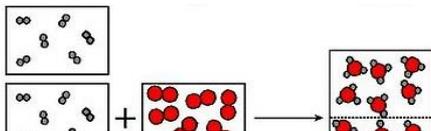
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

La entropía



Disolución de sal en agua

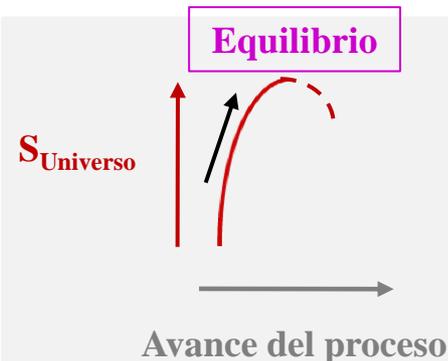
Síntesis del amoníaco



Poca sal (disolución no-saturada)

Mucha sal (disolución saturada)

Dejo el catalizador hasta el equilibrio



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

La entropía

¿Qué quiere decir dispersión de la energía?

La energía interna de un sistema es suma de la energía de sus moléculas

$$U = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i$$

Hay Ω microestados que combinan los valores de ε_i permitidos de las N moléculas para dar como resultado el valor de U del macroestado

$$S = \frac{R}{N_A} \ln \Omega = k_B \ln \Omega$$

Ejemplo: $U = 8, N = 4$

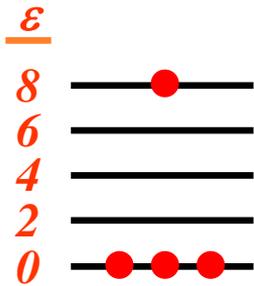
The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. Above the text, there are four red underlines, each with a red Greek letter epsilon (ε) above it, representing energy levels. The logo is set against a light blue and white background with a subtle wave pattern.

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

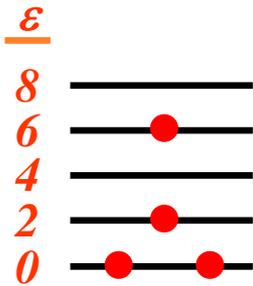
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

La entropía

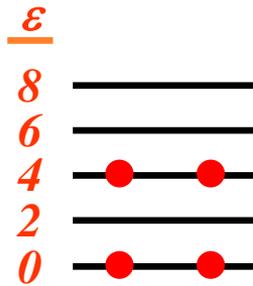
$$\Omega_i = \frac{N!}{\prod_{j=1}^k N_j!} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot N}{(1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot N_1) \cdot (1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot N_2) \cdot \dots}$$



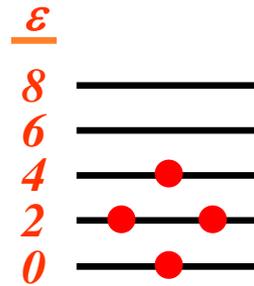
$$\Omega_1 = 4$$



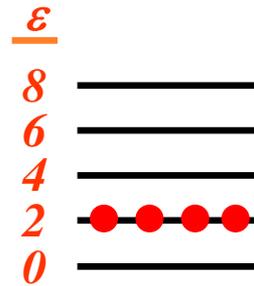
$$\Omega_2 = 12$$



$$\Omega_3 = 6$$



$$\Omega_4 = 12$$



$$\Omega_5 = 1$$

$$\Omega = 35$$

$$T > 0$$

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

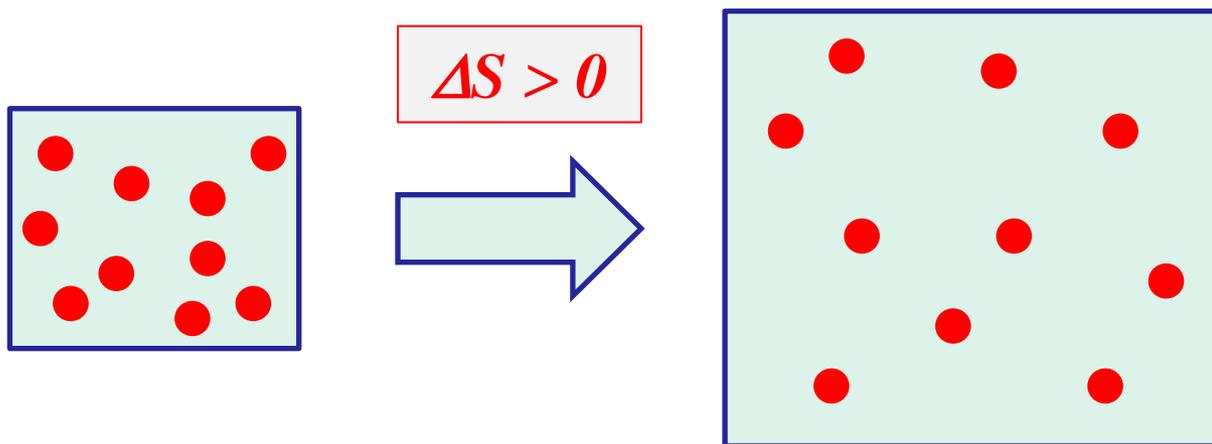
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$S \rightarrow 0$$

Cartagena99

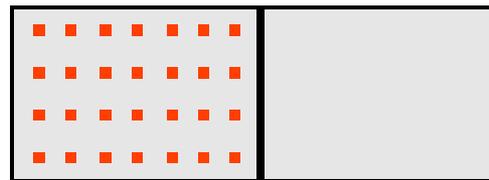
La entropía

La entropía aumenta al aumentar el volumen del sistema.



Al aumentar el volumen, **disminuye el espaciado entre los niveles de**

a



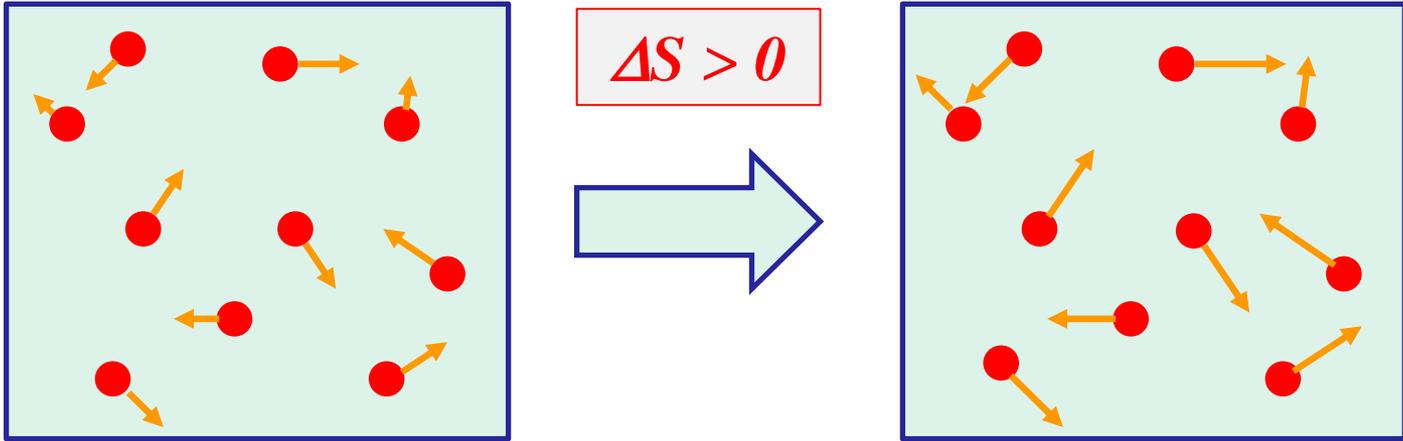
Cartagena99

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

La entropía

La entropía aumenta al aumentar la temperatura del sistema.



T_{baja}

T_{alta}

Inaccesibles

\mathcal{E}_{cin}

Cartagena99

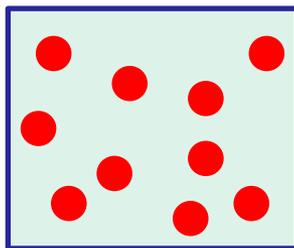
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

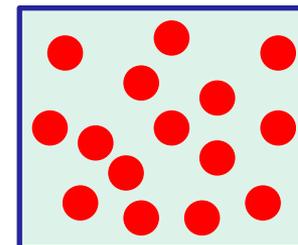
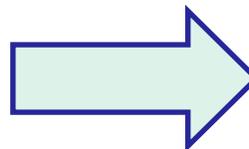
La entropía

Otras situaciones en las que aumenta la entropía del sistema.

Al añadir más moléculas



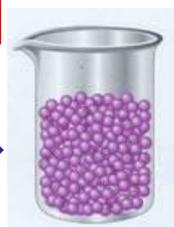
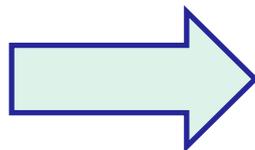
$$\Delta S > 0$$



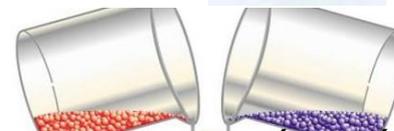
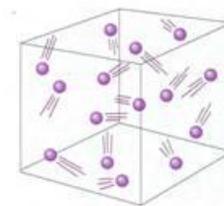
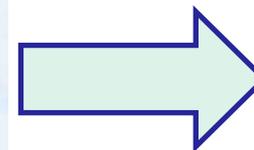
Al cambiar de fase



$$\Delta S > 0$$



$$\Delta S > 0$$



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

Segundo Principio

Segundo Principio:

Existe una función de estado extensiva del sistema, denominada entropía (S), tal que para cualquier cambio infinitesimal entre dos estados definidos de un sistema cerrado, el cambio de entropía satisface :

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}$$

donde el signo $>$ se aplica a procesos irreversibles y el signo $=$ a procesos reversibles



Para el Universo $\delta Q = 0$ y $dS_{univ} \geq 0$



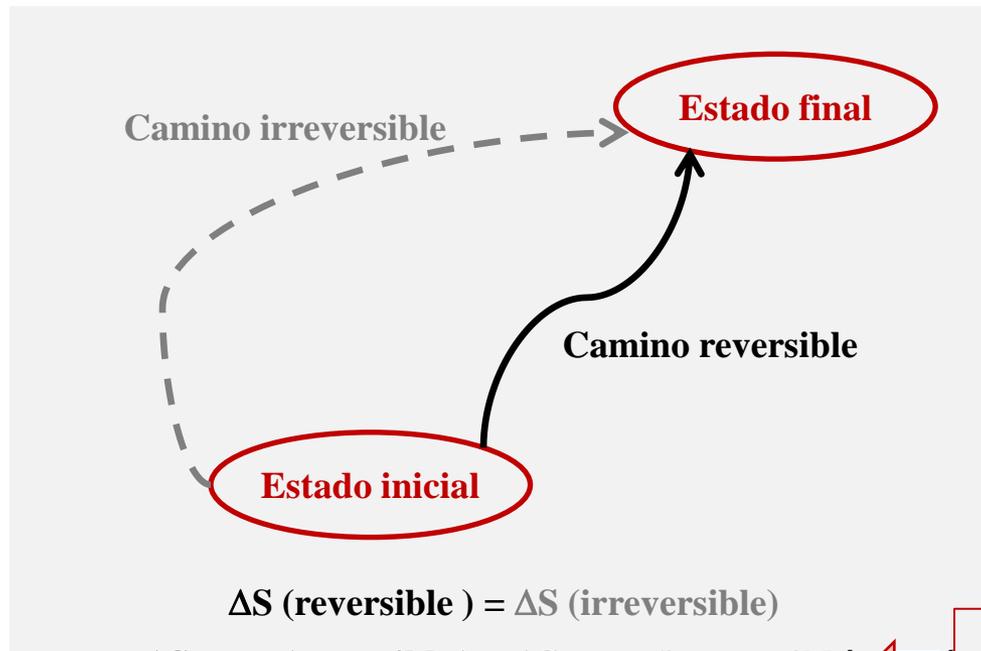
Cartagena99

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

Segundo Principio

¿Dónde reside la diferencia de entropía entre un proceso reversible y uno irreversible, que conducen del mismo estado inicial al mismo estado final?



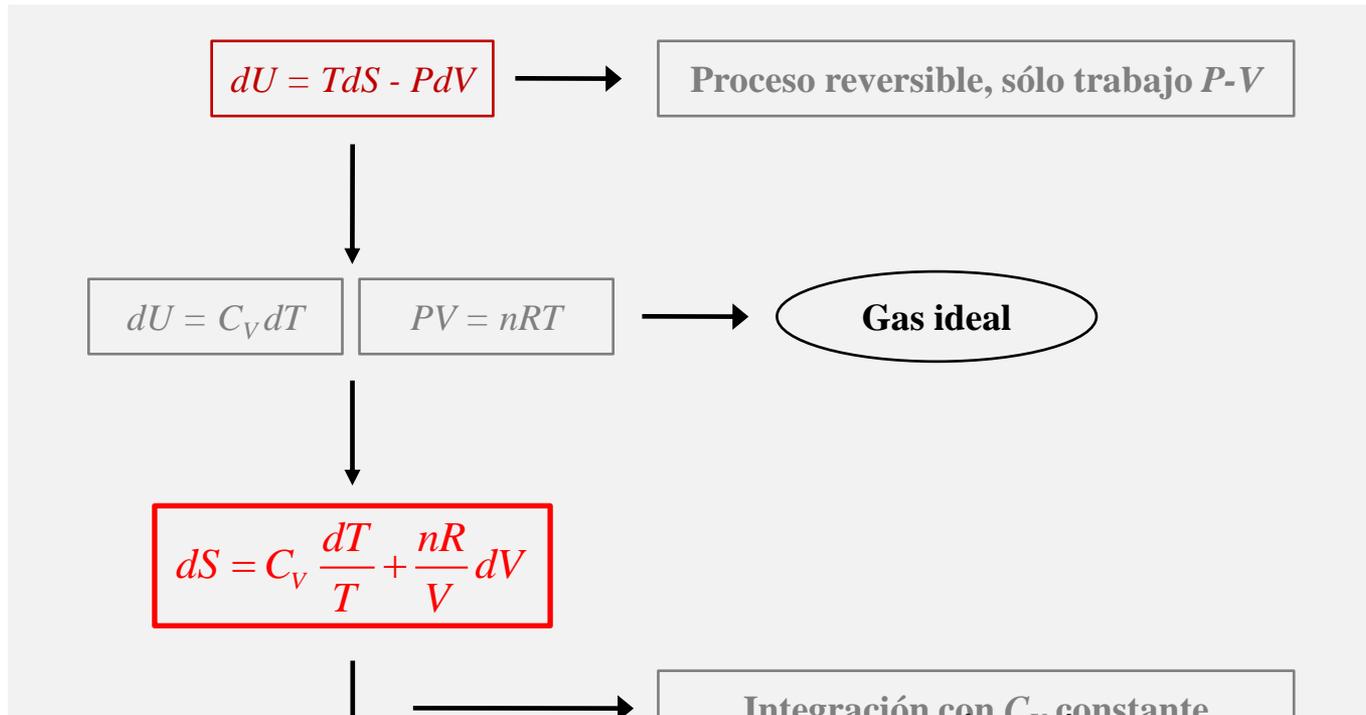
Cartagena99

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

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

Segundo Principio

Diferencia de entropía entre dos estados de un gas ideal



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

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica

Conceptos básicos

Principio cero y temperatura

Primer principio

Entalpía

Segundo principio

Tercer principio

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

Tercer Principio

Tercer Principio:

En cualquier proceso isotérmico, que involucre únicamente a sustancias puras, estando cada una en equilibrio interno, la variación de entropía tiende a cero cuando la temperatura tiende a cero, es decir:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S (T \text{ constante}) = 0$$



A diferencia de los dos Principios anteriores:

- **No introduce una función de estado nueva**
- **Es aplicable sólo a muy bajas temperaturas**

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

Conceptos fundamentales y principios de la Termodinámica

Conceptos básicos

Principio cero y temperatura

Primer principio

Entalpía

Segundo principio

Tercer principio

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

Funciones de energía libre

El Segundo Principio indica la dirección en que evolucionan los procesos espontáneos y establece la condición de equilibrio

La dirección en la que evoluciona un proceso espontáneo es aquella en que:

$$dS_{Univ} > 0$$

El proceso alcanza el equilibrio cuando:

$$dS_{Univ} = 0$$

Estas condiciones pueden reescribirse en términos de funciones del sistema a partir de:

$$dS + \frac{\delta W - dU}{T} \geq 0$$

Cartagena99

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

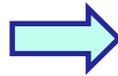
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Funciones de energía libre

Procesos a V y T constantes, sólo trabajo P - V

$$dS + \frac{\delta W - dU}{T} \geq 0$$

$$\delta W = 0$$



$$TdS - dU \geq 0$$

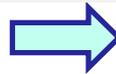
Definimos:

$$A = U - TS$$

Energía libre de Helmholtz

$$dA = dU - TdS - SdT$$

T cte.



$$dA = dU - TdS$$

Cartagena99

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

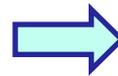
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Funciones de energía libre

Procesos a P y T constantes, sólo trabajo P - V

$$dS + \frac{\delta W - dU}{T} \geq 0$$

$$\delta W - dU = -\delta Q = -dH$$



$$TdS - dH \geq 0$$

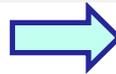
Definimos:

$$G = H - TS$$

Energía libre de Gibbs

$$dG = dH - TdS - SdT$$

T cte.



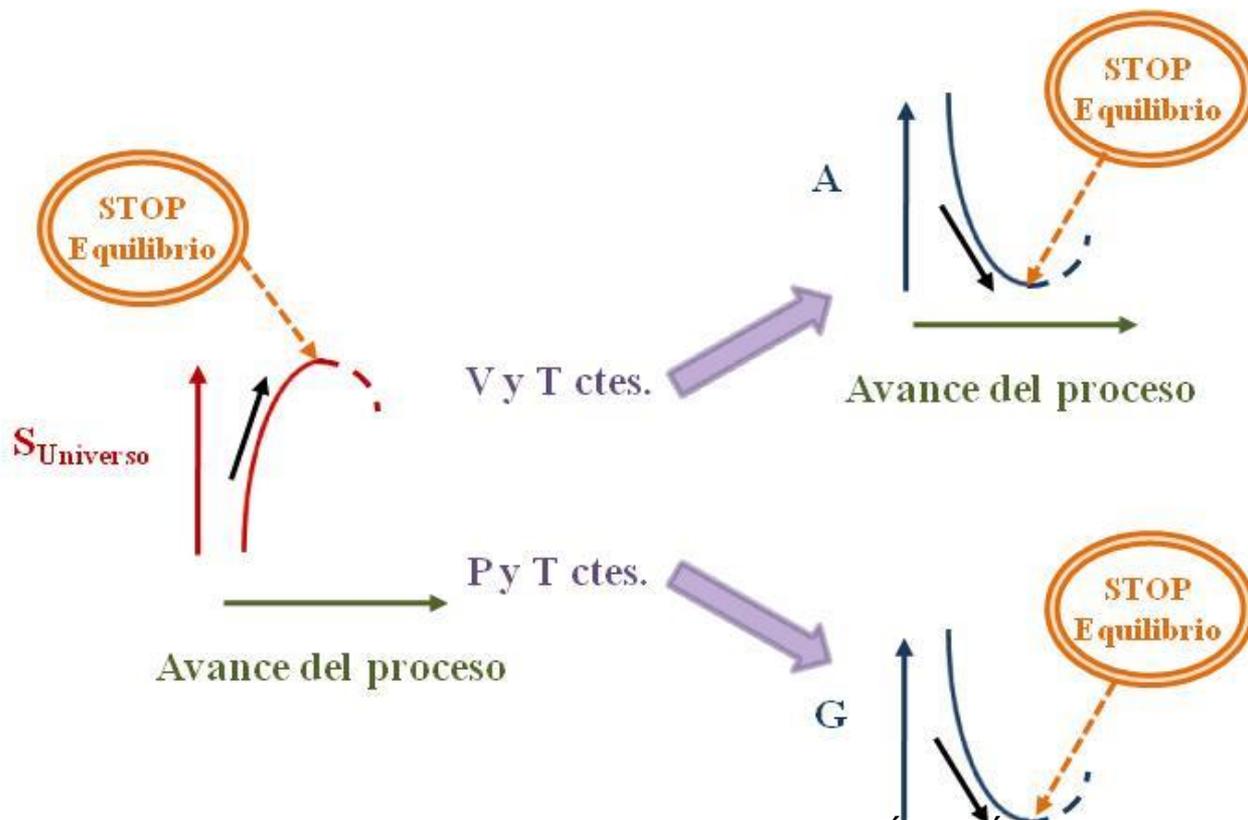
$$dG = dH - TdS$$

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

Funciones de energía libre



Cartagena99

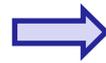
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Funciones de energía libre

¿De qué dependen los cambios en U , H , A y G ?

Combinando el primer y segundo Principios para un sistema cerrado (sólo trabajo P - V)



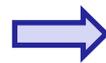
$$dU = TdS - PdV$$



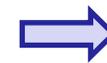
$$U = f(S, V)$$



$$H = U + PV$$



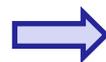
$$dH = TdS + VdP$$



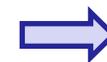
$$H = f(S, P)$$



$$A = U - TS$$



$$dA = -SdT - PdV$$



$$A = f(T, V)$$



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

Ecuaciones de Gibbs

Funciones de energía libre

Dada una función $z = f(x,y)$, la derivada parcial de z respecto a x es la derivada de z respecto a x , considerando a las demás variables (y en este caso) como constantes. Análogamente se define la derivada parcial de z respecto a y .

Los cambios en z (dz) debidos a cambios en x (dx), y/o en y (dy), se pueden expresar como: $dz = \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx$

$\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x$ mide lo sensible que es z a los cambios en y

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

Funciones de energía libre

Nuevas relaciones entre las funciones de estado

$$dU = TdS - PdV$$

$$U = f(S, V)$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T ; \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -P$$

$$dH = TdS + VdP$$

$$H = f(S, P)$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T ; \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V$$

$$dA = -SdT - PdV$$

$$A = f(T, V)$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_V = -S ; \left(\frac{\partial A}{\partial V}\right)_T = -P$$

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

Funciones de energía libre

Nuevas relaciones entre las funciones de estado, a partir de la igualdad de las derivadas segundas cruzadas

$$\frac{\partial^2 U}{\partial S \partial V} = \frac{\partial^2 U}{\partial V \partial S} \Rightarrow -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V = \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial S \partial P} = \frac{\partial^2 H}{\partial P \partial S} \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P$$

$$\frac{\partial^2 A}{\partial T \partial V} = \frac{\partial^2 A}{\partial V \partial T} \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

$$\frac{\partial^2 G}{\partial T \partial P} = \frac{\partial^2 G}{\partial P \partial T} \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

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