



Tema 3

Espontaneidad y Equilibrio



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



CONTENIDO

- 1.- Condiciones generales de equilibrio y espontaneidad.
- 2.- Funciones de Helmholtz y de Gibbs.
- 3.- Relaciones termodinámicas de un sistema cerrado en equilibrio
- 4.- Potencial químico



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.- CONDICIONES GENERALES DE EQUILIBRIO Y ESPONTANEIDAD.

Primer y Segundo Principio de la Termodinámica



La energía del universo se conserva



La entropía del universo aumenta en procesos espontáneos

Condición general de espontaneidad y equilibrio

$$\Delta S_{Universe} \geq 0$$

Complejo

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

¿Cómo se alcanza espontáneamente el equilibrio en un sistema cerrado?

Suponemos que los alrededores son tan grandes que cualquier transferencia de energía desde o hacia el sistema no modifica su temperatura ($q_{alrededores}$ reversible)

$$dq_{alrededores} = -dq_{sistema}$$

$$dS_{universo} = dS_{sistema} + \frac{dq_{alrededores}}{T} > 0$$

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

Combinando esta ecuación con el primer principio

$$dS_{sistema} > \frac{dq_{sistema}}{T}$$

$$dU = dq + dw$$



$$dU \leq TdS + dw$$

condición general de
espontaneidad-equilibrio
en sistemas cerrados

El signo **igual** corresponde a un sistema cerrado en
equilibrio

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

2.- FUNCIONES DE HELMHOLTZ Y DE GIBBS

2.1 Transformaciones en sistemas cerrados con T y V constantes

Nueva función de estado **A**, **Función Trabajo o Energía de Helmholtz**

$$dU \leq TdS + dw = d(TS) - SdT + dw$$

↑

$$d(TS) = TdS + SdT$$

Reagrupando términos

$$d(U - TS) \leq -SdT + dw$$




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 de Helmholtz

$$A = U - TS$$

-  Función de estado
-  Propiedad extensiva
-  Sus unidades son de energía (Julios)

Cartagena99

condición general de

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


$$dA \leq -SdT + dw$$

- Si T=constante $dA \leq dw$

Por esta razón se le llama **función trabajo**

Si definimos el trabajo como el realizado por el sistema

$$dw = -dw_{\text{porelsistema}}$$



Cartagena99

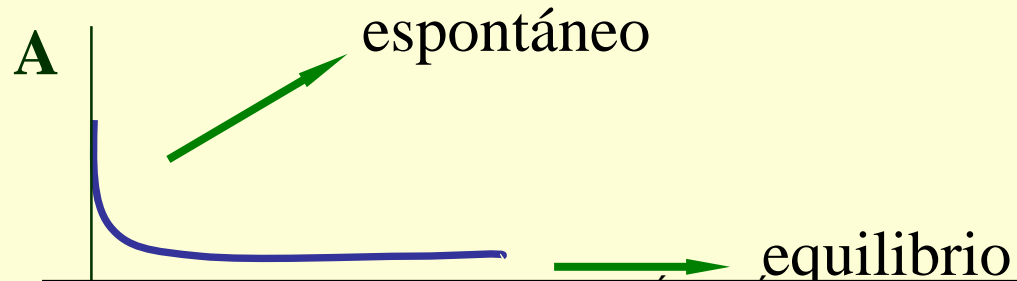
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

- Si T y V son constantes, y solo hay trabajo (P-V)

$$dA \leq -SdT + dw = -SdT - PdV \quad dA \leq 0$$

En un sistema cerrado que experimente un proceso espontáneo con T y V constantes, la energía de Helmholtz disminuye hasta alcanzar un valor mínimo en el equilibrio.



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

2.2 Transformaciones en sistemas cerrados con T y P constantes

Nueva función de estado, **G, Función de Gibbs, o Energía Libre de Gibbs**

$$dU \leq TdS + dw \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Solo } W \text{ (PV)}}}{=} TdS - PdV = d(TS) - SdT - d(PV) + VdP$$

$d(TS) = TdS + SdT$

$d(PV) = PdV + VdP$

Reagrupando términos

$$d(U - TS + PV) \leq -SdT + VdP$$

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 de Gibbs

$$G \equiv U - TS + PV \equiv A + PV \equiv H - TS$$



G es una función de estado



Es una propiedad extensiva



Sus unidades son de energía (Julios)

Cartagena99

condición general de

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

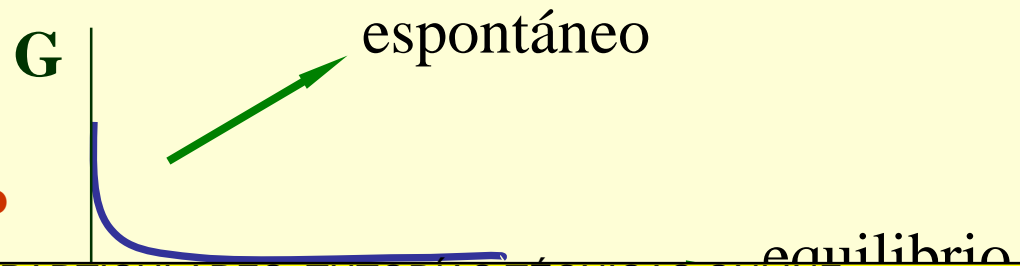
$$dG \leq -SdT + VdP$$

condición general de
espontaneidad-equilibrio
en sistemas cerrados con
sólo W (PV)

• Si T=constante $dG \leq VdP$

• Si T y P = constantes $dG \leq 0$

En un sistema cerrado que
experimente un proceso espontáneo
con T y P constantes y sólo W(PV)



Cartagena99

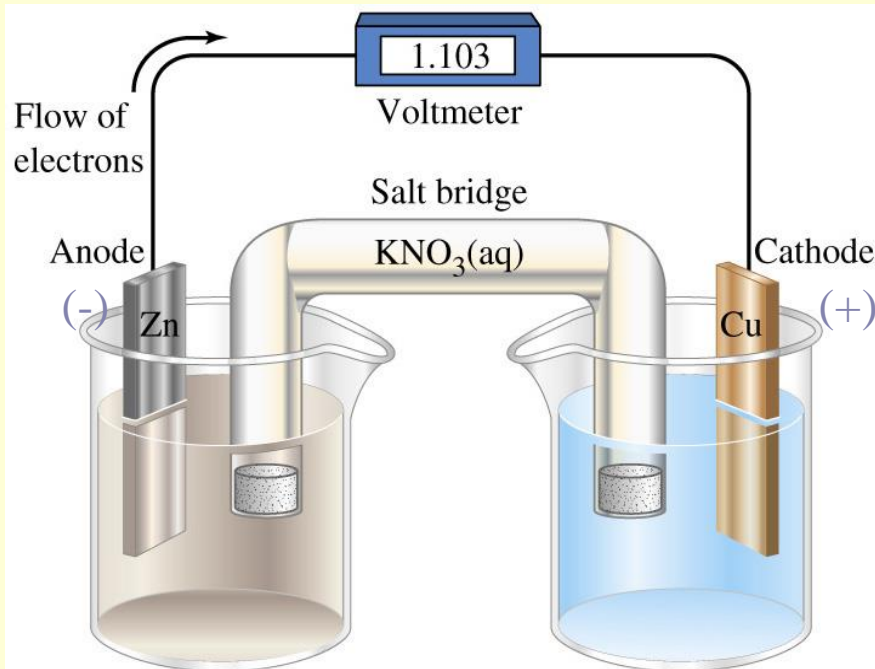
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Si el sistema cerrado, puede llevar a cabo W que no sea P-V

$$G = A + PV$$

$$dG = dA + PdV + VdP$$



$$dA \leq -SdT + dw$$

$$dG \leq -SdT + dw + PdV + VdP$$

$$dw = dw_{noPV} - PdV$$

$$dG \leq -SdT + dw_{noPV} + VdP$$

Si P y T son constantes

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

$$dG \leq dw_{no-PV}$$

Energía Libre “para realizar un trabajo”

Si definimos el trabajo como el realizado por el sistema

$$dw = -dw_{porelsistema}$$

$$W_{porelsistema} \leq -\Delta G$$

El trabajo que puede hacer el sistema (a T,P ctes) sobre los alrededores es menor o igual que la variación de G, y será máximo cuando el proceso sea reversible

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

¿Qué relación existe en la condición de $S_{universo}$ máxima y $G_{sistema}$ mínima, en un proceso reversible que ocurre a T y P constante para un sistema cerrado?

$$\Delta S_{universo} = \Delta S_{alrededores} + \Delta S_{sistema} = \frac{Q_{alrededores}}{T} + \Delta S_{sistema}$$

$$\Delta S_{universo} = -\frac{Q_{sistema}}{T} + \Delta S_{sistema} = -\frac{\Delta H_{sistema}}{T} + \Delta S_{sistema} = \frac{-(\Delta H_{sistema} - T\Delta S_{sistema})}{T}$$

$$\Delta S_{universo} = -\frac{\Delta G_{sistema}}{T}$$

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

Criterios de Espontaneidad y Equilibrio para procesos en Sistemas Cerrados

Restricción	Proceso Espontáneo	Condición de Equilibrio
sistema aislado	$dS > 0$	$dS = 0$
ninguna	$dU < TdS + dw$ $dU - TdS + PdV - dw_{noPV} < 0$	$dU = TdS + dw$ $dU - TdS + PdV - dw_{noPV} = 0$
T constante	$dA < dw$	$dA = dw$
T y V constantes $W_{noPV} = 0$	$dA < 0$	$dA = 0$
T y P constantes	$dG < 0$	$dG = 0$

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

3.- RELACIONES TERMODINÁMICAS DE UN SISTEMA CERRADO EN EQUILIBRIO

Todas las relaciones entre funciones de estado de un sistema cerrado en equilibrio, se pueden obtener a partir de seis ecuaciones básicas

$$dU = TdS - PdV$$

$$H = U + PV$$

$$A = U - TS$$

$$G = H - TS$$

$$C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v$$

$$C_v = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_v$$

$$C = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$$

$$C = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_p$$

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

ECUACIONES DE GIBBS

A partir de las definiciones de H, A y G se obtienen las ecuaciones de Gibbs para un sistema cerrado (en equilibrio)

$$dU = TdS - PdV$$

$$dH = d(U + PV) = dU + PdV + VdP = (TdS - PdV) + PdV + VdP = TdS + VdP$$

$$dH = TdS + VdP$$

$$dA = d(U - TS) = dU - TdS - SdT = (TdS - PdV) - TdS - SdT = -SdT - PdV$$

$$dA = -SdT - PdV$$

$$dG = d(H - TS) = dH - TdS - SdT = (TdS + VdP) - TdS - SdT = -SdT + VdP$$

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

A partir de estas ecuaciones se pueden obtener las relaciones entre las distintas propiedades termodinámicas que no son fácilmente medibles

Ejemplo

$$dU = TdS - PdV$$

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V dS + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S dV$$

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

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

$$dH = TdS + VdP$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V$$

$$dA = -SdT - PdV$$

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

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

$$dG = -SdT + VdP$$

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

ECUACIONES DE MAXWELL

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

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

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

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

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

¿Para que?

$$U \equiv f(V, T)$$

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT$$

C_V

$$dU = TdS - PdV$$

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

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

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

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

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

Condiciones generales de equilibrio y espontaneidad en sistemas cerrados.

Funciones de Helmholtz y de Gibbs.

$$dS_{\text{universo}} = dS_{\text{sistema}} + dS_{\text{alrededores}} \geq 0$$

$$dU \leq TdS + dw$$

$$dA \leq -SdT + dw$$

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.- POTENCIAL QUÍMICO

Las ecuaciones de Gibbs deducidas no se pueden aplicar en sistemas abiertos ni en procesos irreversibles como una reacción química. Si la composición varia, el número de moles de sustancia es otra variable a considerar

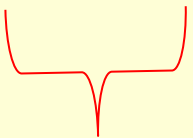
$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_{P, n_j} dT + \left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_{T, n_j} dP + \left(\frac{\partial G}{\partial n_1} \right)_{T, P, n_{j-1}} dn_1 \dots$$

Así en el caso de una reacción química, lo que se hace es

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

$$dG = -SdT + VdP + \sum_{i=1}^j \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{T,P,n_{j \neq i}} dn_i$$


Potencial químico



μ_i

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

Si consideramos sistemas en los que la composición puede cambiar las ecuaciones de Gibbs deben modificarse como:

$$dU = TdS - PdV + \sum \mu_i dn_i$$

$$dH = TdS + VdP + \sum \mu_i dn_i$$

$$dA = -SdT - PdV + \sum \mu_i dn_i$$

**Sistemas cerrados,
en equilibrio,
de una sola fase,
solo trabajo P-V**

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

El potencial químico:



Es una función de estado



Es una propiedad intensiva



Sus unidades son julios/mol

$$\mu = \left(\frac{\partial G}{\partial n} \right)_{T,P} = \bar{G}$$

Para una sustancia pura el potencial químico es la energía de Gibbs molar

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

Si el sistema está constituido por varias fases, en cada una de ellas se puede asignar un valor a las propiedades extensivas, de forma que el valor total de estas será la suma de los valores en las distintas fases y cualquier variación vendrá dado por ejemplo por:

$$dG^{\alpha} = -S^{\alpha} dT + V^{\alpha} dP + \sum \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha}$$

De forma global para el sistema

$$\sum_{\alpha} dG^{\alpha} = -\sum_{\alpha} S^{\alpha} dT + \sum_{\alpha} V^{\alpha} dP + \sum_{\alpha} \sum_i \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha}$$

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

Todas las ecuaciones de Gibbs pueden reescribirse del siguiente modo:

$$dU = TdS - PdV + \sum_{\alpha} \sum_i \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha}$$

$$dH = TdS + VdP + \sum_{\alpha} \sum_i \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha}$$

$$dA = -SdT - PdV + \sum_{\alpha} \sum_i \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha}$$

**Sistemas en equilibrio,
con varias fases,
solo trabajo P-V**

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

Condición de equilibrio material

$$\sum_{\alpha} \sum_i \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha} = 0$$

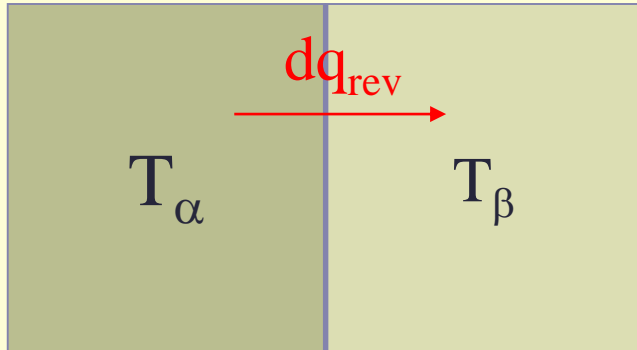
Cuando el sistema alcanza el equilibrio material no hay cambio macroscópico en la composición a lo largo del tiempo, y no hay transporte de materia de una parte a otra del sistema

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

Condición de Equilibrio Térmico



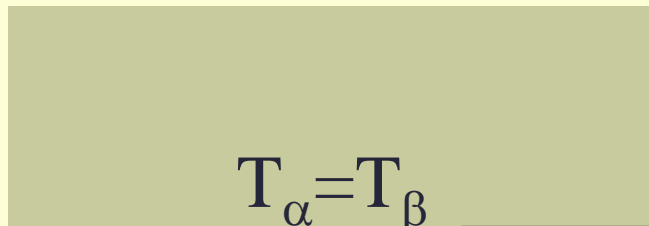
Proceso adiabático reversible

$$dS_{\text{univ}} = dS_{\text{sist}}$$

$$dS_{\alpha} = -\frac{dq_{\text{rev}}}{T_{\alpha}} \quad dS_{\beta} = \frac{dq_{\text{rev}}}{T_{\beta}}$$

$$dS = dS_{\alpha} + dS_{\beta} = \left(\frac{1}{T_{\beta}} - \frac{1}{T_{\alpha}} \right) dq_{\text{rev}}$$

Proceso espontáneo



$$dS > 0 \quad \left(\frac{1}{T_{\beta}} - \frac{1}{T_{\alpha}} \right) > 0$$

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

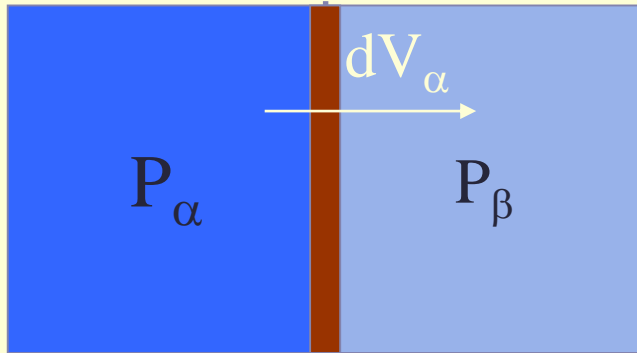
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Equilibrio Térmico

Equilibrio Térmico

Condición de Equilibrio Mecánico

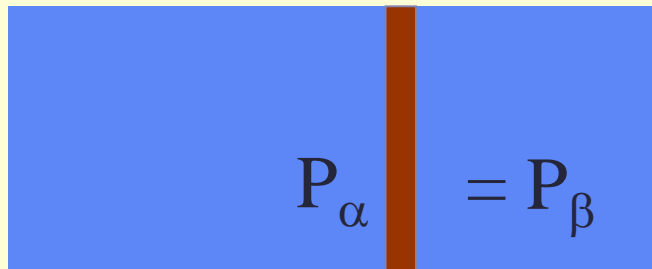


Proceso reversible, sistema cerrado,
T constante y V_{total} constante

$$dA = -PdV - SdT = -PdV$$

$$dA_{\alpha} = -P_{\alpha}dV_{\alpha} \quad dA_{\beta} = -P_{\beta}dV_{\beta}$$

$$dA = dA_{\alpha} + dA_{\beta} = -P_{\alpha}dV_{\alpha} - P_{\beta}dV_{\beta} = (P_{\beta} - P_{\alpha})dV_{\alpha}$$



Proceso espontáneo

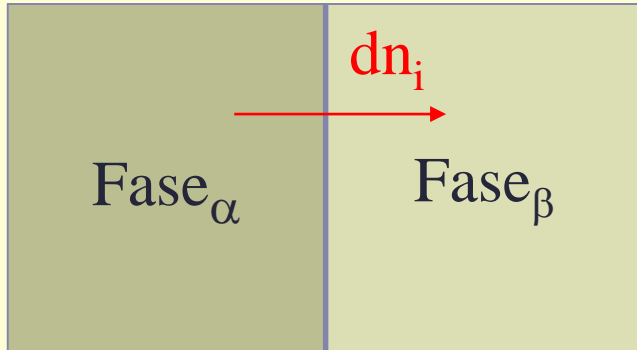
$$dA < 0 \quad (P_{\beta} - P_{\alpha}) < 0$$

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

Condición de Equilibrio Material (entre fases)



Proceso reversible, sistema cerrado,
en equilibrio térmico y mecánico

$$\sum_{\alpha} \sum_i \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha} = 0$$

$$\mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha} + \mu_i^{\beta} dn_i^{\beta} = 0$$

Proceso espontáneo

$$\mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha} + \mu_i^{\beta} dn_i^{\beta} < 0$$

$$(\mu_i^{\beta} - \mu_i^{\alpha}) dn_i < 0$$

$$\mu_i^{\alpha} = \mu_i^{\beta}$$

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

POTENCIAL QUÍMICO DE UN GAS IDEAL

$$\mu = \left(\frac{\partial G}{\partial n} \right)_{T,P} = \bar{G} \quad \text{Propiedad intensiva, (solo depende de T y P).}$$

¿Como varía el potencial químico con la presión si se mantiene la temperatura constante?.

$$dG = -SdT + VdP$$

dividiendo por el número de moles y siendo T constante

$$d\mu = \bar{V}dP$$

G.I.

$$d\mu = \frac{RT}{P} dP$$

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

Si el gas sufre una transformación desde P_1 a una presión P_2

$$\int_{P_1}^{P_2} d\mu = RT \int_{P_1}^{P_2} \frac{1}{P} dP$$

$$\mu(T, P_2) - \mu(T, P_1) = RT \ln \frac{P_2}{P_1}$$

Si P_1 es 1 bar, podemos definir el potencial químico normal del Gas Ideal puro como:

$$\mu(T, P_1) = \mu^0(T)$$

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

POTENCIAL QUÍMICO DE UNA MEZCLA DE GASES IDEALES

¿cuáles son las propiedades de una mezcla de gases ideales?



$$PV = n_{total}RT$$

$$n_{total} = \sum n_i$$



$$P_iV = n_iRT$$

$$P = \sum P_i$$

Cuando la mezcla de gases se realiza mezclando isotérmicamente los componentes puros, no hay transferencia de energía en forma de calor.

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 conocer el potencial químico de cada uno de los gases en la mezcla se hace el mismo razonamiento que para un gas puro

$$\mu_i(T, P_i) = \mu_i^0(T) + RT \ln \frac{P_i}{P^0}$$

donde el miembro de la izquierda representa el potencial químico del gas i en la mezcla a la temperatura T y a la presión parcial P_i

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln \frac{P_i}{P^0} \quad \text{donde} \quad P_i = X_i P$$

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