

Introducción a los sistemas multicomponentes



El volumen molar parcial

Propiedades molares parciales

El potencial químico

Condición de equilibrio material

La regla de las fases

Cartagena99

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

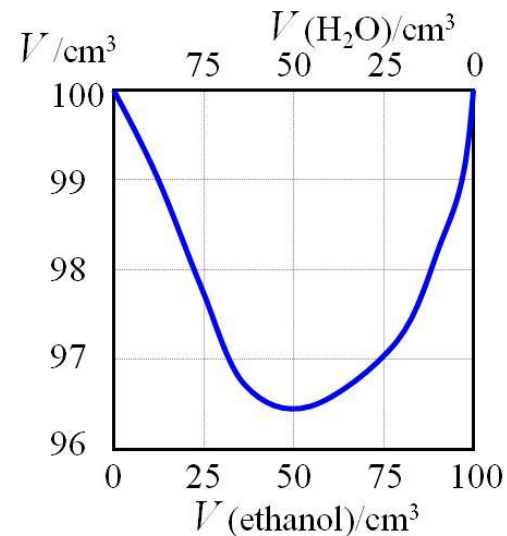
- - -

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

El volumen molar parcial

Los volúmenes de sustancias diferentes no son aditivos

$$V_{\text{agua}} + V_{\text{etanol}} \neq V_{\text{agua+etanol}}$$



Cartagena99

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

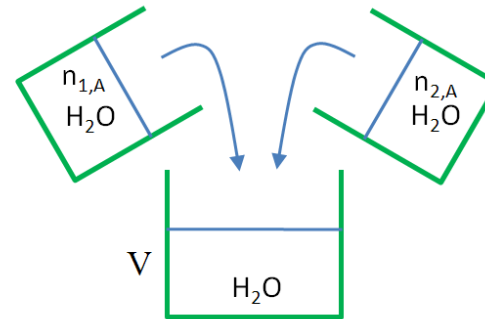
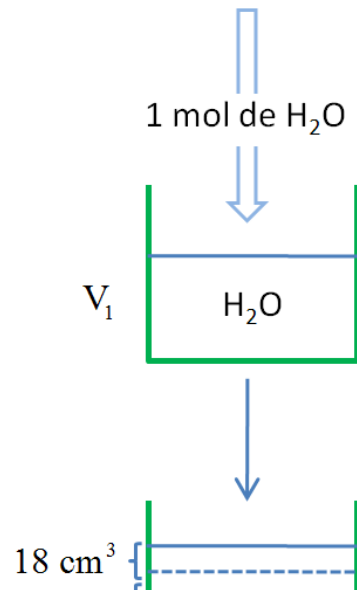
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

interacciones intermoleculares, y éstas dependen de la composición

El volumen molar parcial

Contribución de cada componente al volumen de la mezcla

Si mezclo dos porciones de la misma sustancia:



$$V = n_{1,A} V_{m,A} + n_{2,A} V_{m,A}$$

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

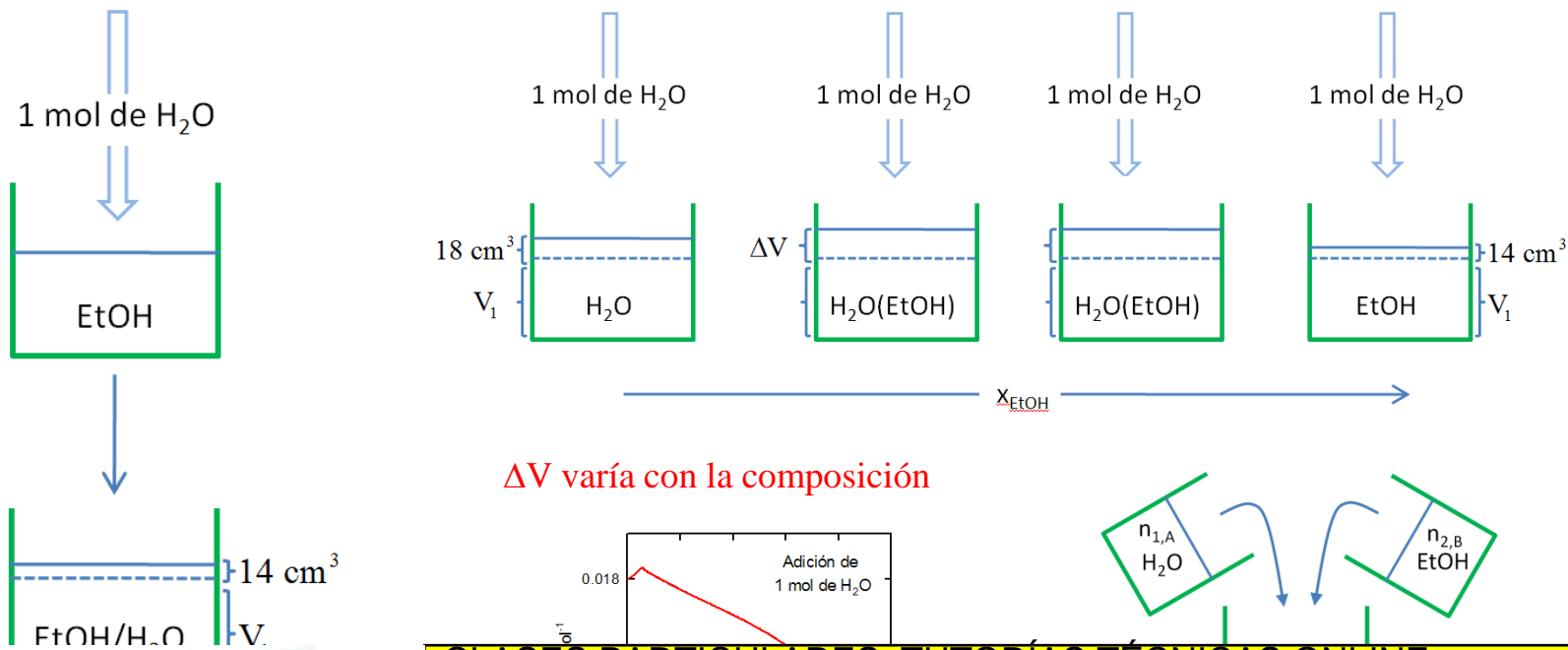
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

El volumen molar parcial

Contribución de cada componente al volumen de la mezcla

Si mezclo dos porciones de **distintas sustancias**:



Cartagena99

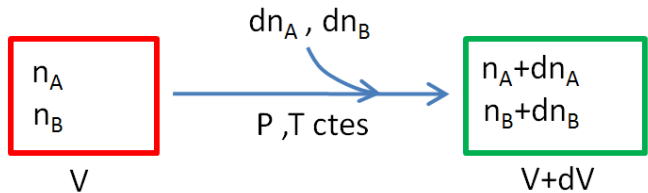
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

El volumen molar parcial

Definición:

$$\bar{V}_i = \left(\frac{\partial V}{\partial n_i} \right)_{P, T, n_{j \neq i}}$$



$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial n_A} \right) dn_A + \left(\frac{\partial V}{\partial n_B} \right) dn_B \quad (P, T \text{ ctes})$$

Variación de V debido al cambio de n_A , manteniendo P, T y n_B ctes.
+
Variación de V debido al cambio de n_B , manteniendo P, T y n_A ctes.



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

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.

El volumen molar parcial

$$\int_0^V dV = \int_0^{n_A} \bar{V}_A dn_A + \int_0^{n_B} \bar{V}_B dn_B$$

► V es función de estado $\Rightarrow \int_0^V dV = V - 0 = V$

$$V = \int_0^{n_A} \bar{V}_A dn_A + \int_0^{n_B} \bar{V}_B dn_B \neq f(\text{camino seguido en la integración})$$

► Como $\bar{V}_A, \bar{V}_B = f(x_A, x_B)$ \Rightarrow Expresar $dn_A, dn_B = f(x_A, x_B)$
fracción molar

n^o moles totales

$$\begin{aligned} n_A &= n^T x_A \\ n_B &= n^T x_B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dn_A &= n^T dx_A + x_A dn^T \\ dn_B &= n^T dx_B + x_B dn^T \end{aligned}$$

► Facilitar integración \Rightarrow

Camino de composición constantes $\Rightarrow x_A, x_B = ctes$

$$\begin{cases} dn_A = x_A dn^T \\ dn_B = x_B dn^T \\ \bar{V}_A = cte \end{cases} \Rightarrow \int_0^{n_A} \bar{V}_A dn_A = \bar{V}_A x_A \int_0^{n^T} dn^T = \bar{V}_A x_A n^T = \bar{V}_A n_A$$



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 molares parciales

Para cualquier propiedad extensiva Y (p.ej. V , m , G , U , S ,...)

Definición:

$$\bar{Y}_i = \left(\frac{\partial Y}{\partial n_i} \right)_{P,T,n_{j \neq i}}$$

Sustancias
puras \rightarrow

$$\bar{Y}_i = Y_{m,i} = \frac{Y}{n_i}$$

Relaciones útiles:

$$dY = \left(\frac{\partial Y}{\partial P} \right)_{T,n_i} dP + \left(\frac{\partial Y}{\partial T} \right)_{P,n_i} dT + \sum_{i=1}^N \bar{Y}_i \cdot dn_i$$

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

Introducción a los sistemas multicomponentes

El volumen molar parcial

Propiedades molares parciales



El potencial químico

Condición de equilibrio material

La regla de las fases

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

El potencial químico es la propiedad molar parcial de G

Definición:

$$\mu_i = \bar{G}_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{P, T, n_{j \neq i}}$$

Sólo interacciones
electrostáticas (cargas ideales)

Cualquier tipo de interacciones
y mezcla (partículas reales)

vacío



$$\delta W = dG = \phi dq_i$$

vacío



$$\delta W = dG = \mu_i dn_i$$

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

El potencial químico

¿Porqué es tan útil el potencial químico?

Marca la dirección en qué se mueven las moléculas (si pueden)

Marca la dirección en que reaccionan las moléculas (si pueden)

Las moléculas se mueven, o reaccionan, desde donde tienen mayor potencial químico hacia donde el potencial químico es menor



$\Delta h \neq 0$

El sistema y el proceso alcanzan el equilibrio

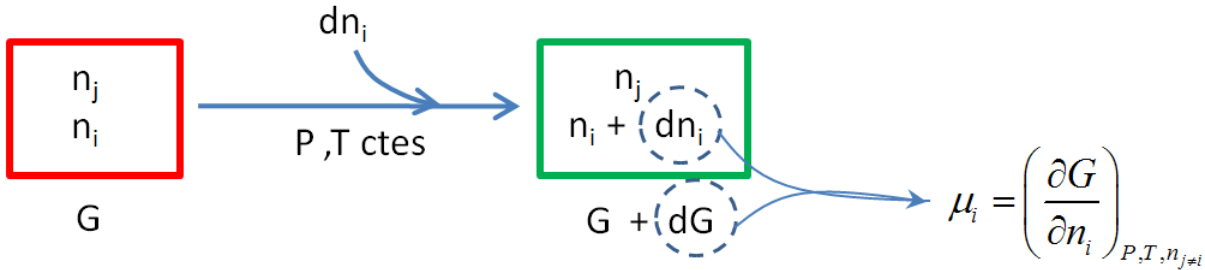
Cartagena99

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

El potencial químico

¿Cómo se relaciona el cambio en G y μ_i ?



► Lecciones anteriores:

Sistema cerrado
Composición fija



$dG = -SdT + VdP$

Sistema con variaciones
de P, T y n_i permitidas

$dG = -SdT + VdP + \sum \mu_i dn_i$



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

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.

El potencial químico

¿Cómo se relacionan U , H y A con μ_i ?

Expresión para dH?

$$G = H - TS$$

$$H = G + TS$$

$$dH = dG + TdS + SdT$$

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

$$\mu_i = \left(\frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{S,P,n_{j \neq i}}$$

Expresión para dU?

$$H = U + PV$$

$$U = H - PV$$

$$dU = dH - PdV - VdP$$

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

Expresión para dA?

$$A = U - TS$$

$$dA = dU - TdS - SdT$$

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

Expresión para dG

$$dG = -SdT + VdP + \sum_i \mu_i dn_i$$

$$\mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{T,P,n_{j \neq i}}$$

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



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.

Introducción a los sistemas multicomponentes

El volumen molar parcial

Propiedades molares parciales

El potencial químico



Condición de equilibrio material

La regla de las fases

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

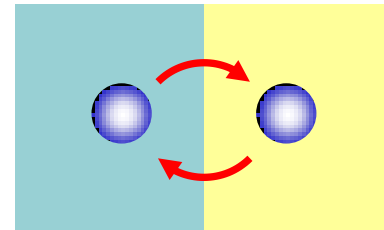
Condición de equilibrio material

¿Qué entendemos por equilibrio material?

El equilibrio de cualquier proceso que dé lugar a un cambio en el número de moles de los componentes de cualquier fase del sistema.

En la práctica, dos procesos:

Intercambio de materia
entre dos fases



Cartagena99

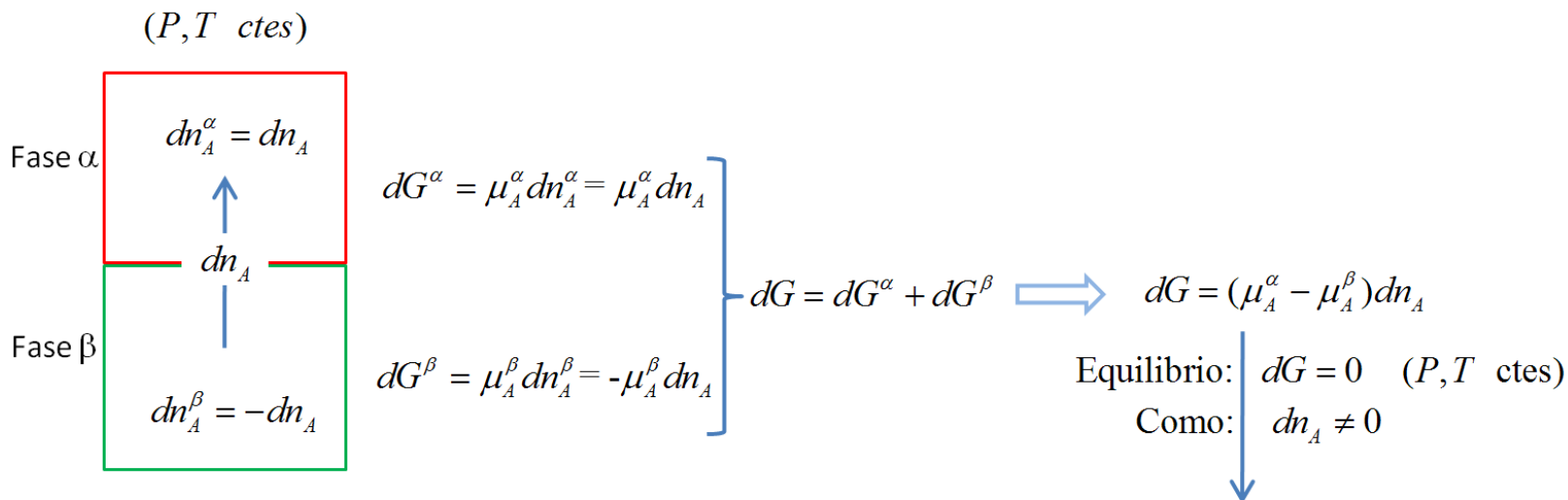
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Condición de equilibrio material

Intercambio de materia entre dos fases α y β

Descripción del proceso en equilibrio



Cartagena99

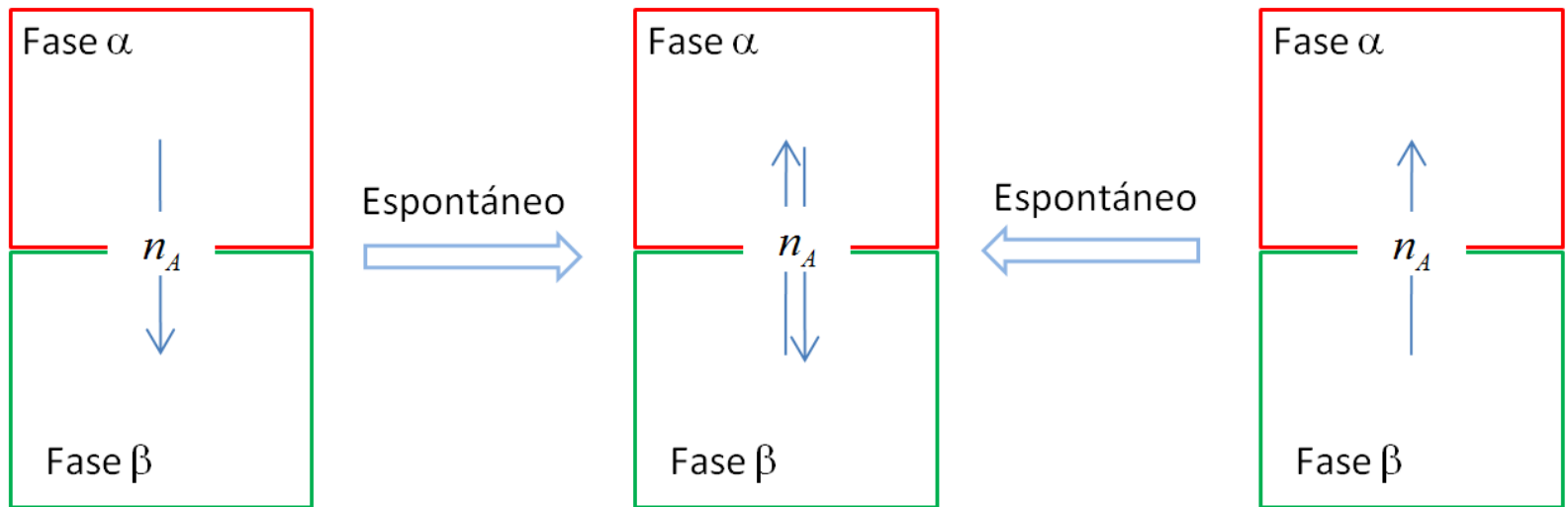
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Condición de equilibrio material

Intercambio de materia entre dos fases α y β

Descripción de la evolución hacia 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

Condición de equilibrio material

Reacciones químicas

Grado de avance de la reacción ξ



1 mol de reacción significa que

se han consumido $|v_A|$ moles de A
se han consumido $|v_B|$ moles de B
se han producido $|v_C|$ moles de C
se han producido $|v_D|$ moles de D

ha habido una variación (<0) de v_i moles de cada reactivo i

ha habido una variación (>0) de v_i moles de cada producto i

variación de los moles de la especie i

=

$\frac{\text{variación de los moles de la especie } i}{1 \text{ mol de reacción}}$

x

nº moles 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

Condición de equilibrio material

Reacciones químicas

Descripción del proceso en equilibrio

$$dG = \sum_i \mu_i dn_i \quad (P, T \text{ ctes})$$

A partir de la definición de ξ : $dn_i = \nu_i d\xi$

$$dG = \sum_i \nu_i \mu_i d\xi$$

$$dG = d\xi \sum_i \nu_i \mu_i$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial \xi} \right)_{P,T} = \sum_i \nu_i \mu_i$$

Equilibrio: $dG = 0 \quad (P, T \text{ ctes})$

Cartagena99

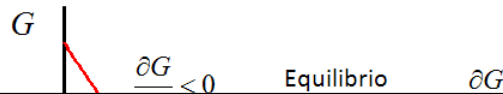
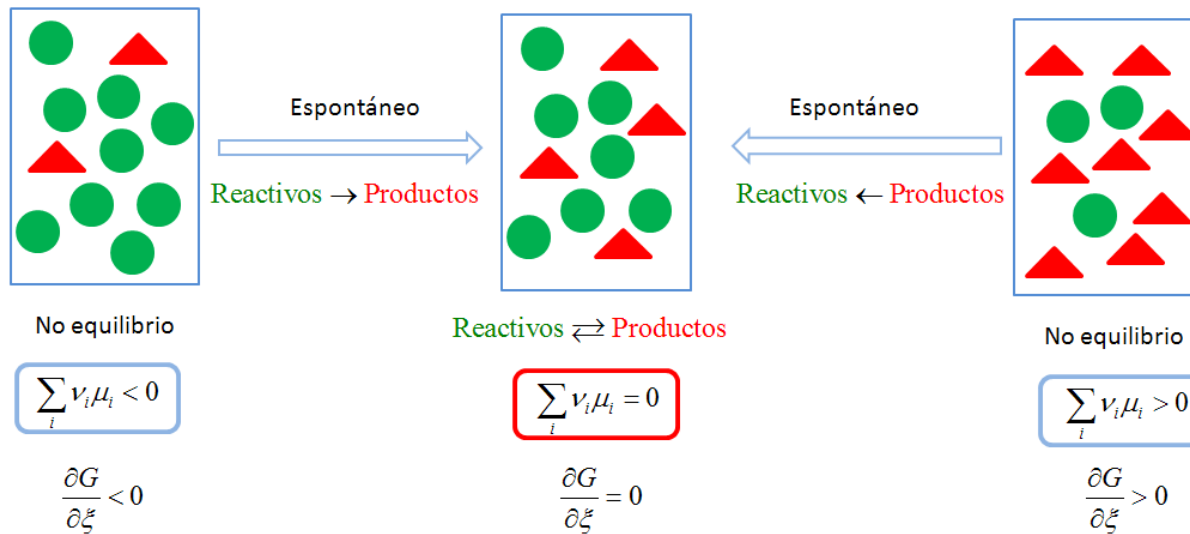
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Condición de equilibrio material

Reacciones químicas

Descripción de la evolución hacia 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

Introducción a los sistemas multicomponentes

El volumen molar parcial

Propiedades molares parciales

El potencial químico

Condición de equilibrio material

La regla de las fases



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 regla de las fases

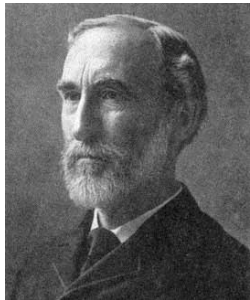
¿Cuántas variables intensivas independientes definen el estado (intensivo) del sistema?

Por ejemplo, si fijamos P y T , ¿quedará determinada la densidad (y cualquier otra propiedad intensiva)?

Sí, en el caso del agua pura

No, en el caso de una disolución de sal en agua

P y T no son independientes, en el caso de una mezcla de agua 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

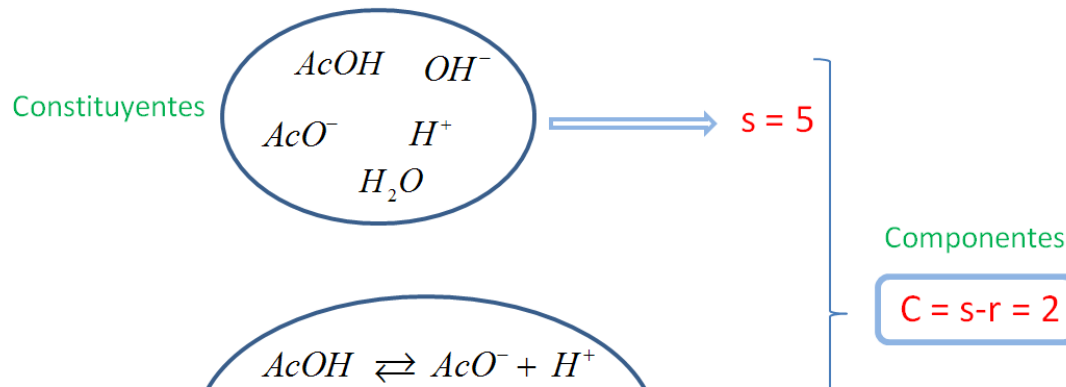
componentes (C) y fases (F) presentes en el sistema

La regla de las fases

¿Cómo se calcula el número de componentes C ?

Entendemos por número de componentes, el máximo número de especies químicas presentes en el sistema, cuya cantidad puede variarse independientemente

Por ejemplo, una disolución de ácido acético en agua:



Cartagena99

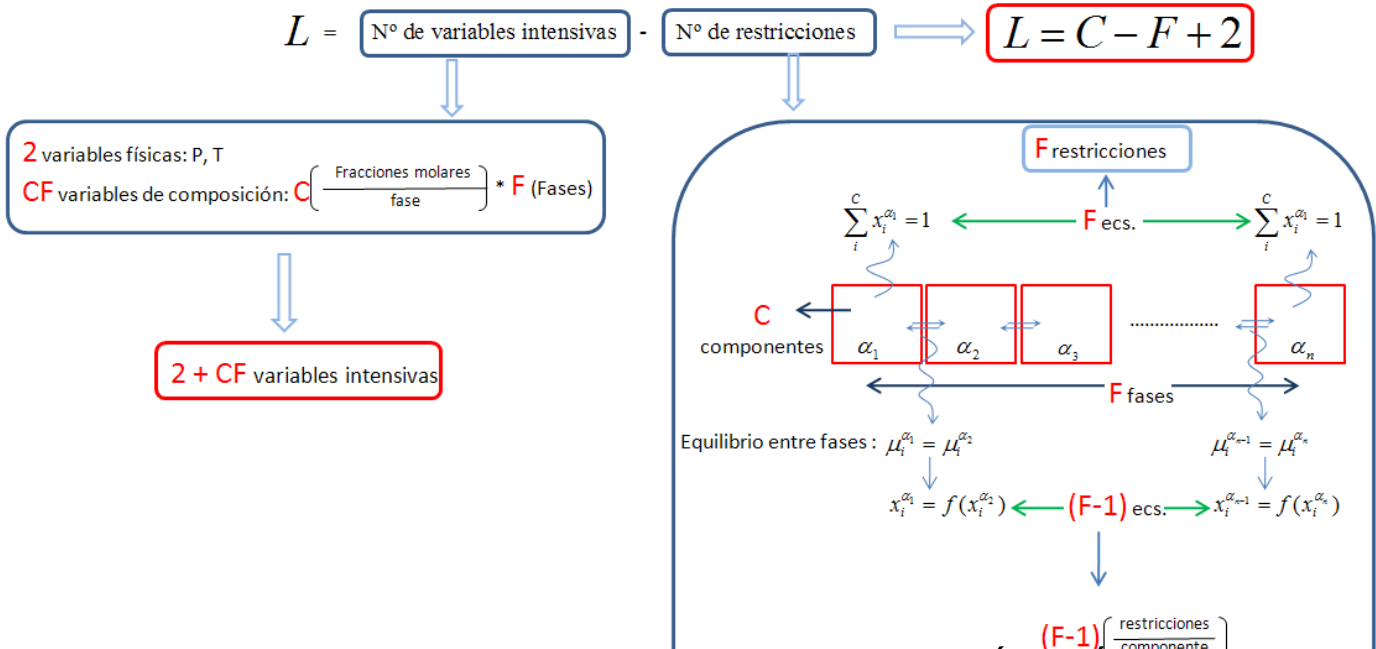
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

La regla de las fases

El número de variables intensivas independientes, que definen el estado intensivo del sistema, recibe el nombre de número de grados de libertad L

$L = C - F + 2$



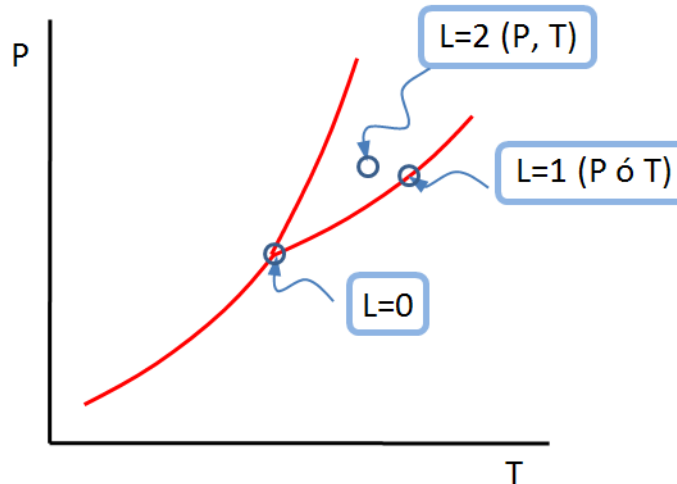
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

$C(F-1) + F$ restricciones

La regla de las fases

Aplicación al diagrama de fases de una sustancia pura ($C = 1$)



$$F = 1 \Rightarrow L = 2 \Rightarrow (P, T)$$

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