

Equilibrios en Disolución

Tema 17

Cristina Díaz Oliva
Dpto Química Física Aplicada.

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

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DE MADRID



CIENCIAS

Equilibrios en Disolución

- Equilibrios Ácido–Base
 - El agua y la escala de pH
 - Fuerza de los ácidos y las bases
 - Propiedades ácido–base de las sales
 - Efecto del ion común
 - Disoluciones reguladoras
 - Reacciones de neutralización y curvas de valoración

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

Equilibrios en Disolución

- Equilibrios de Solubilidad
 - Producto de solubilidad
 - Efecto del ion común
 - Precipitación fraccionada
- Equilibrios de Formación de Complejos

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

EQUILIBRIOS ÁCIDO–BASE

Cartagena99

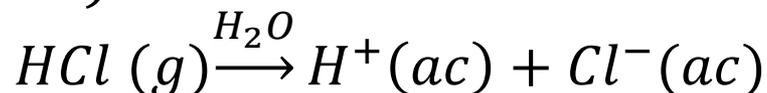
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

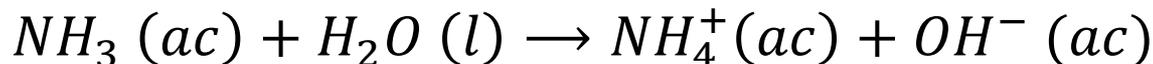
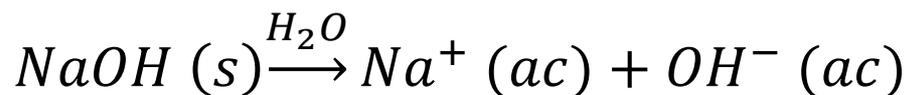
Equilibrios ácido-base

□ Teoría de Arrhenius

- Ácido: Sustancia que al disolverse en agua produce protones (H^+)



- Base: Sustancia que al disolverse en agua produce iones hidróxido (OH^-)



Cartagena99

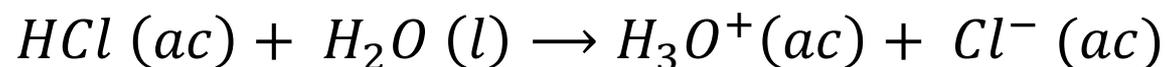
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

□ *Teoría de Brønsted-Lowry*

- Ácido: Sustancia capaz de **donar** protones
- Base: Sustancia capaz de **aceptar** protones



ácido

base

Cartagena99

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

- - -

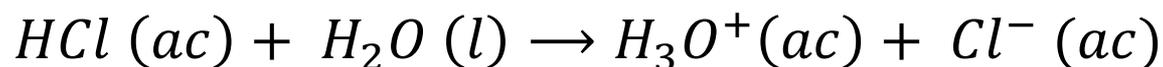
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

Equilibrios ácido-base

□ *Teoría de Brønsted-Lowry*

- Ácido: Sustancia capaz de **donar** protones
- Base: Sustancia capaz de **aceptar** protones



ácido

base conjugada

- Introduce el concepto par ácido-base conjugado:
 - Una sustancia solo puede actuar como ácido si hay una base que acepte sus protones

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

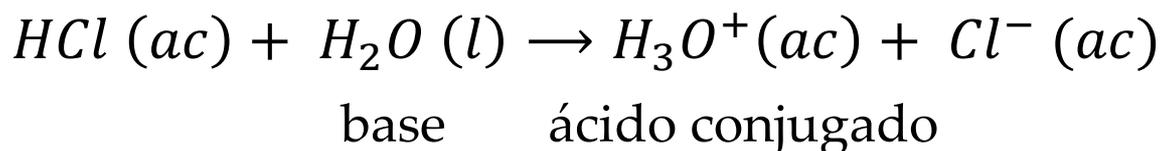
Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

7

Equilibrios ácido-base

□ *Teoría de Brønsted-Lowry*

- Ácido: Sustancia capaz de **donar** protones
- Base: Sustancia capaz de **aceptar** protones



- Introduce el concepto par ácido-base conjugado
 - Una sustancia solo puede actuar como ácido si hay una base que acepte sus protones
 - Una sustancia puede ser anfiprótica: actuar como

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

Equilibrios ácido-base

□ *Teoría de Lewis*

- Ácido: Sustancia capaz de **aceptar** un par de electrones
 - Base: Sustancia que puede **donar** un par de electrones
- ## □ Más amplia que la de Brønsted-Lowry.
- Extiende el concepto ácido-base a las reacciones de gases y sólidos
 - Implica formación de enlaces covalentes coordinados y aductos.

Cartagena99

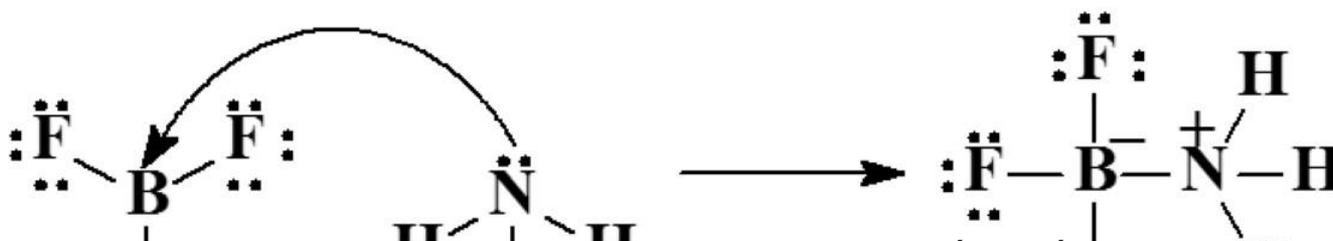
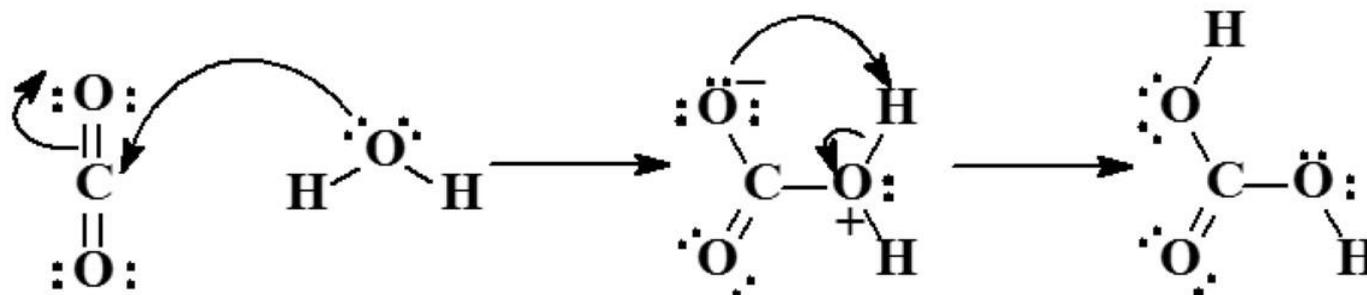
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

Equilibrios ácido-base

□ Teoría de Lewis



Cartagena99

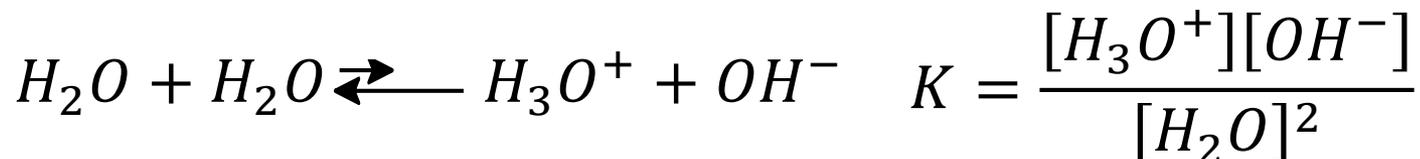
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Ionización del agua

- Autoionización (o autoprotolisis): transferencia de protones entre sus moléculas:



- Solo una pequeña fracción de moléculas se ioniza ($[H_2O] = cte$)

$$K[H_2O]^2 = K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

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

Equilibrios ácido-base

Ionización del agua

□ En agua pura a 25°C, $[H_3O^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} molL^{-1}$

$$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$

■ K_w es una cte de equilibrio (depende de T)

□ A 60°C: $K_w = 9.6 \times 10^{-14}$

□ A 100°C: $K_w = 5.5 \times 10^{-13}$

□ La autoprotolisis es endotérmica

■ Adición de un ácido: $\uparrow [H_3O^+]$ y $\downarrow [OH^-]$

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

Equilibrios ácido-base

Ionización del agua. Escala de pH

- Para expresar la acidez o basicidad de una disolución

$$pH = -\log [H_3O^+] \quad [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$pOH = -\log [OH^-] \quad [OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$pK_w = -\log K_w$$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$\log K = -\log ([H_3O^+][OH^-]) = -\log (1.0 \times 10^{-14})$$

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

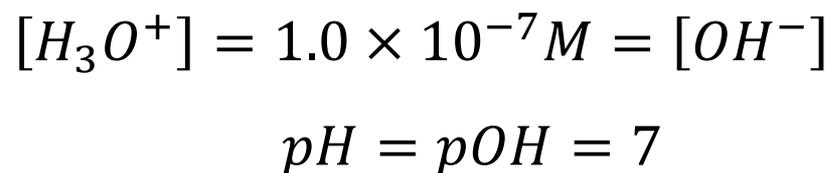
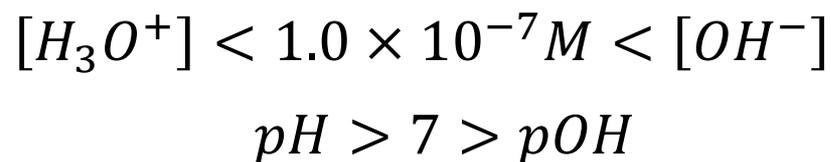
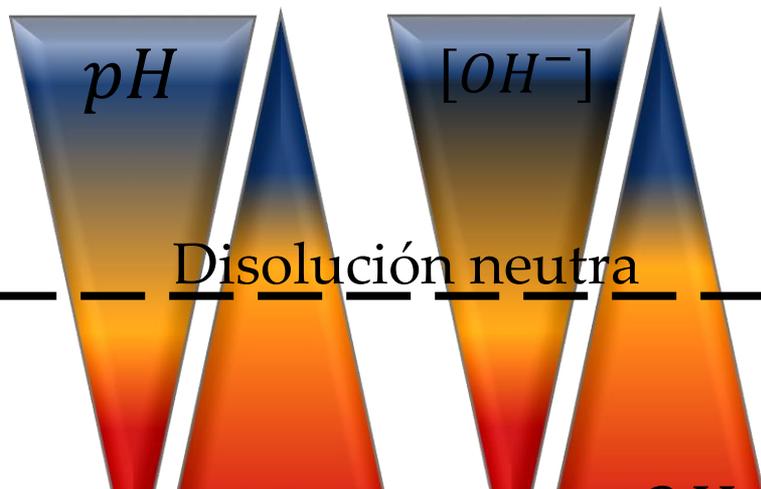
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ionización del agua. Escala de pH

- Para cualquier disolución acuosa, a 25°C, se cumple:

Disolución básica



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

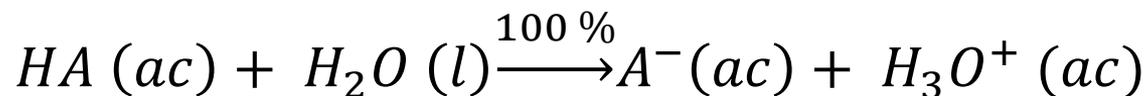
Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

- Los ácidos/bases tienen distintas capacidades de donar/aceptar protones
 - Disoluciones de distintos ácidos/bases de igual concentración pueden tener distinto pH

Ácidos y Bases Fuertes

- Se ionizan completamente 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

Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

Ácidos y Bases Fuertes

- La mayoría son:
 - Ácidos inorgánicos: HCl , HNO_3 , $HClO_4$, H_2SO_4
 - Hidróxidos de metales alcalinos: $NaOH$, KOH
- Son la única fuente significativa de H_3O^+ / OH^- en disolución acuosa (salvo en disoluciones muy diluidas)

Cartagena99

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

- - -

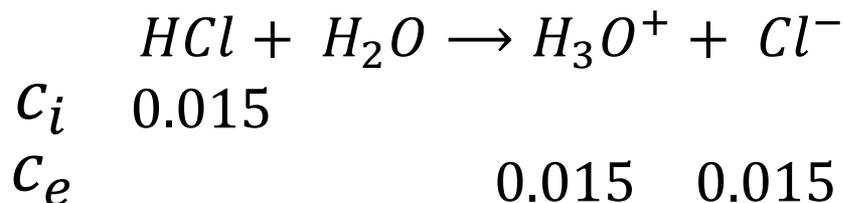
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

Ácidos y Bases Fuertes

- Ej.: Cálculo del pH de una disolución HCl 0.015 M



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.015 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log 0.015 = \mathbf{1.8} \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 6.7 \times 10^{-13} \text{ M}$$

Cartagena99

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

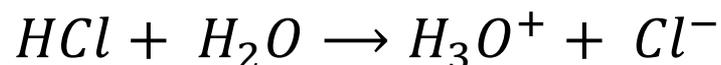
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

Ácidos y Bases Fuertes

- Ej.: Cálculo del pH de una disolución HCl $1.0 \times 10^{-8} M$
- Se trata de una disolución muy diluida



$$C_i \quad 1.0 \times 10^{-8}$$

$$C_e \quad \quad \quad 1.0 \times 10^{-8} \quad 1.0 \times 10^{-8}$$

$$[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-8} M \quad pH \neq 8 \text{ (básico ??)}$$

Cartagena99

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

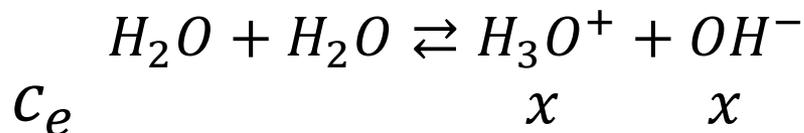
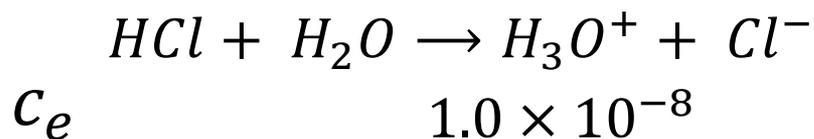
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

Ácidos y Bases Fuertes

- Ej.: Cálculo del pH de una disolución HCl $1.0 \times 10^{-8} M$



$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = (x + 10^{-8})x$$

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

Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

Ácidos y Bases Débiles

- Son la mayoría de los existentes en la naturaleza.
- Se ionizan de forma limitada (están parcialmente disociados)
- Los ácidos y sus bases conjugadas están en equilibrio en disolución
- Su fuerza se expresa mediante la constante de

Cartagena99

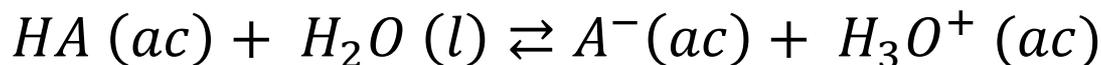
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Fuerza de ácidos y bases

Ácidos y Bases Débiles



$$K = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA][H_2O]}$$

$$K [H_2O] = K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

(constante de acidez
o constante de ionización) $pK_a = -\log K_a$



$[BH^+][OH^-]$

Cartagena99

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

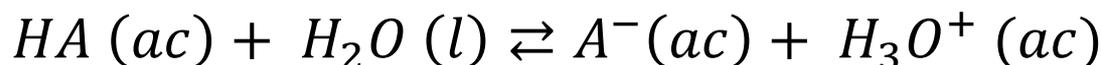
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ácidos y Bases Débiles. Grado de Ionización

- Otra forma de expresar la fuerza de un ácido o base

$$\alpha = \frac{[\text{ácido (base) ionizado}]_{\text{equilibrio}}}{[\text{ácido (base)}]_{\text{inicial}}} \times 100$$



$$\alpha = \frac{[A^-]}{[HA]_{\text{inicial}}} \times 100 = \frac{[H_3O^+]}{[HA]_{\text{inicial}}} \times 100$$



Cartagena99

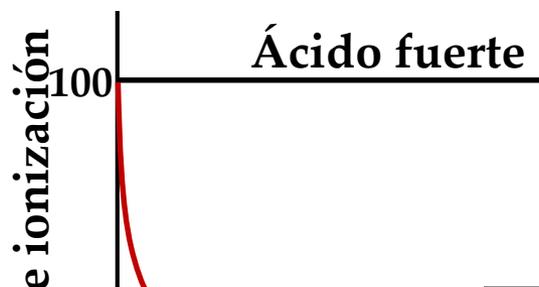
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Ácidos y Bases Débiles. Grado de Ionización

- Cuánto más fuerte es un/a ácido/base mayor es su porcentaje de ionización
- α depende de la concentración inicial.
 - A mayor dilución, mayor es el grado de ionización



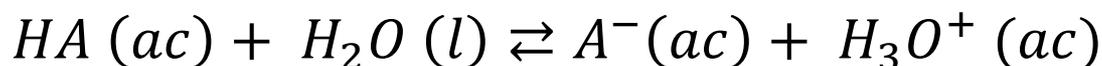
- A concentraciones muy bajas todos los ácidos/bases (fuertes y débiles) están casi completamente

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

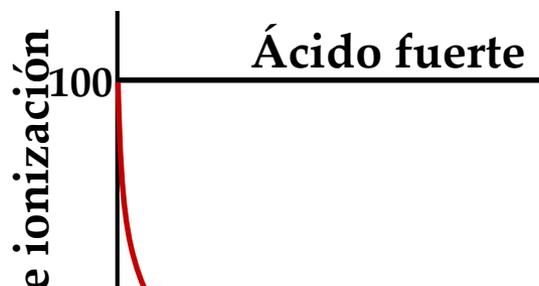
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ácidos y Bases Débiles. Grado de Ionización



$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{\frac{n_{H_3O^+}}{V} \frac{n_{A^-}}{V}}{\frac{n_{HA}}{V}} = \frac{n_{H_3O^+} n_{A^-}}{n_{HA}} \frac{1}{V}$$



- Al aumentar la dilución: $V \uparrow$ y $1/V \downarrow$.
- Para que K_a se mantenga cte, debe aumentar $\frac{n_{H_3O^+} n_{A^-}}{n_{HA}}$

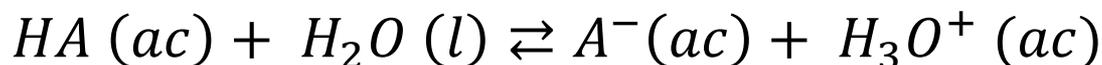
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Ácidos y Bases Débiles. Grado de Ionización

- Si $\frac{[\text{ácido}]_i}{K_a} > 100$ es posible suponer que $[\text{ácido}]_e = [\text{ácido}]_i$



$$c_i \quad [HA]_i$$

$$c_e \quad [HA]_i - x \qquad x \qquad x$$

$$K_a = \frac{x x}{[HA]_i - x} \approx \frac{x^2}{[HA]_i} \qquad x = \sqrt{K_a [HA]_i}$$

■ Aproximación válida si

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



Equilibrios ácido-base

Cálculo del pH de una disolución de ácido débil

- Ej.: Calcular el pH de una disolución de HF **0.50 M**



$$C_i \quad 0.50$$

cambio $-x$

$+x$ $+x$

$$\frac{[HF]_i}{K_a} = \frac{0.50}{7.1 \times 10^{-4}} = 704 > 100$$

$$C_e \quad 0.50 - x$$

$$x \quad x$$

$$K_a = \frac{x x}{0.5 - x} = 7.1 \times 10^{-4} \approx \frac{x^2}{0.5} \quad x = [H_3O^+] = 1.88 \times 10^{-2} M$$

$pH = 1.72$

Cartagena99

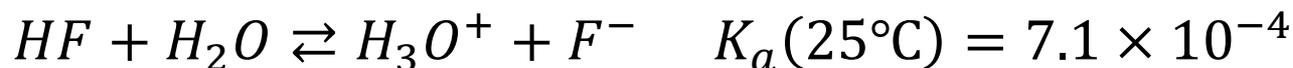
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Cálculo del pH de una disolución de ácido débil

- Ej.: Calcular el pH de una disolución de HF **0.010 M**



$$C_i \quad 0.010$$

cambio	$-x$		$+x$	$+x$	$\frac{[HF]_i}{K_a} = \frac{0.010}{7.1 \times 10^{-4}} = 14 < 100$
C_e	$0.010 - x$		x	x	

$$K_a = \frac{x \cdot x}{0.01 - x} = 7.1 \times 10^{-4} \approx \frac{x^2}{0.010} \quad x = [H_3O^+] = 2.66 \times 10^{-3} M$$

$pH = 2,57$

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

Equilibrios ácido-base

Cálculo del pH de una disolución de ácido débil

- Ej.: Calcular el pH de una disolución de HF **0.010 M**



$$C_i \quad 0.010$$

cambio $-x$ $+x$ $+x$

$$C_e \quad 0.010 - x \quad x \quad x$$

Hay que resolver la ecuación

$$K_a = \frac{x \cdot x}{0.01 - x} = 7.1 \times 10^{-4}$$

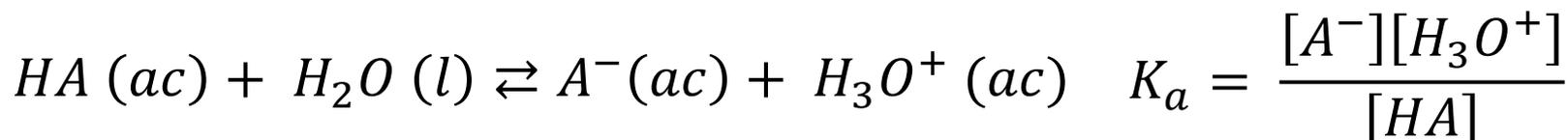
Cartagena99

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

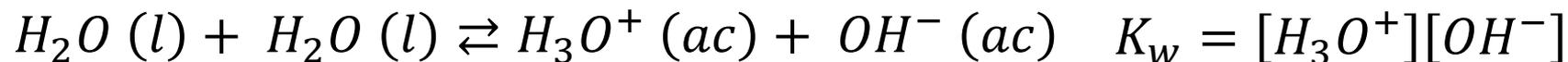
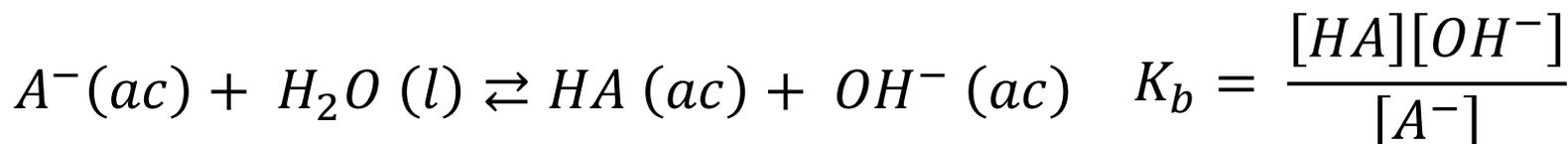
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Relación $K_a - K_b$



+



$$K_a \times K_b = \frac{\cancel{[A^-]}[H_3O^+]}{\cancel{[HA]}} \frac{\cancel{[HA]}[OH^-]}{\cancel{[A^-]}} = [H_3O^+][OH^-] = K_w$$

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

29

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

- Ácido poliprótico: puede donar más de un protón
 - Dipróticos: H_2SO_4 , H_2CO_3 Triprótico: H_3PO_4
- Base poliprótica: puede aceptar más de un protón
 - Diprótica: CO_3^{2-} Triprótica: PO_4^{3-}
- Se ionizan por etapas: pierden/aceptan un protón cada vez
 - Cada etapa se caracteriza por su constante de

Cartagena99

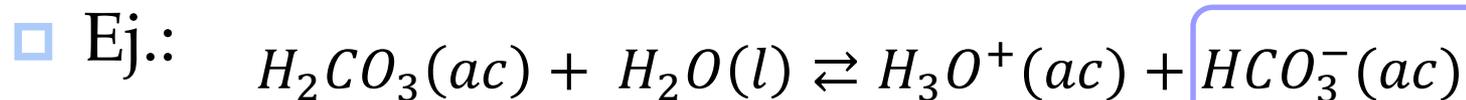
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

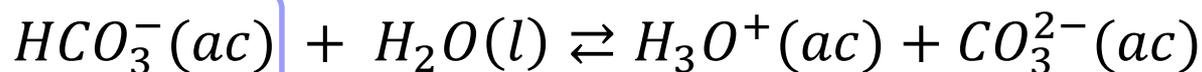
Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

base conjugada



$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 1.5 \times 10^{-4}$$



ácido

$$K_{a_2} = \frac{[H_3O^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 4.7 \times 10^{-11}$$

- Las especies intermedias son anfipróticas

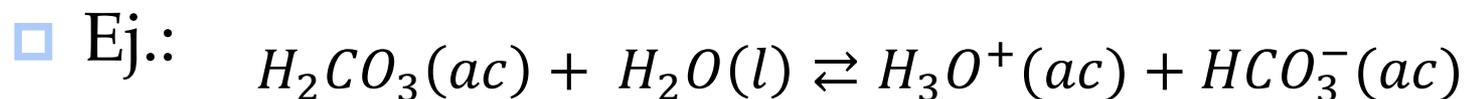
Cartagena99

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

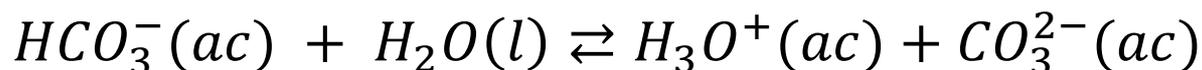
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos



$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 1.5 \times 10^{-4}$$



$$K_{a_2} = \frac{[H_3O^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 4.7 \times 10^{-11}$$

- Las especies intermedias son anfipróticas

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

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

- Si el ácido es débil en la 1ª ionización:

$$[\text{anión}]_{1^{\text{a}} \text{ ionización}} \ll [\text{ácido}]_{\text{inicial}}$$

$$[H_3O^+]_{2^{\text{a}} \text{ ionización}} \text{ despreciable}$$

- El pH lo determina la K_{a_1} (se considera como un ácido monoprótico débil)

- Ej.: *Para una disolución de ácido oxálico ($H_2C_2O_4$) 0.50 M*

$$K_{a_1} = 5.9 \times 10^{-2} \quad K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5}$$

Cartagena99

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

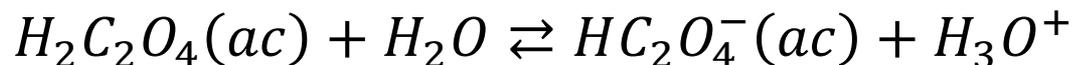
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

□ 1ª ionización:

$$K_{a_1} = 5.9 \times 10^{-2}$$



$$C_i \quad 0.50$$

$$C_e \quad 0.50 - x \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$

$$\frac{[\text{ácido}]_i}{K_a} = \frac{0.50}{5.9 \times 10^{-2}} = 8.5 < 100 \text{ (aproximación no válida)}$$

$$K_{a_1} = 5.9 \times 10^{-2} = \frac{[HC_2O_4^-][H_3O^+]}{[H_2C_2O_4]} = \frac{x \cdot x}{0.5 - x}$$

Cartagena99

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

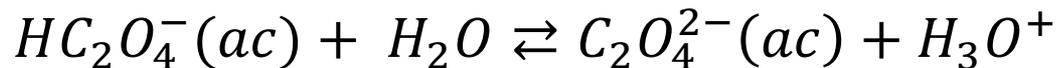
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

□ 2ª ionización:

$$K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5}$$



$$C_i \quad 0.14 \qquad \qquad \qquad 0.14$$

$$C_e \quad 0.14 - y \qquad \qquad \qquad y \qquad \qquad \qquad y$$

$$\frac{[\text{ácido}]_i}{K_a} = \frac{0.14}{6.4 \times 10^{-5}} = 2187 > 100 \text{ (aproximación válida)}$$

$$K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5} = \frac{[C_2O_4^{2-}][H_3O^+]}{[HC_2O_4^-]} = \frac{y(0.14 + y)}{0.14 - y}$$

Cartagena99

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

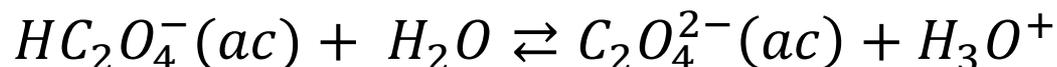
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

□ 2ª ionización:

$$K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5}$$



$$C_i \quad 0.14 \qquad \qquad \qquad 0.14$$

$$C_e \quad 0.14 - y \qquad \qquad y \qquad \qquad y$$

$$K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5} = \frac{[C_2O_4^{2-}][H_3O^+]}{[HC_2O_4^-]} = \frac{(0.14 + y)y}{0.14 - y} \cong \frac{0.14y}{0.14}$$

$$\frac{0.14y}{0.14} = y = K_{a_2} = 6.4 \times 10^{-5} M = [H_3O^+] = [C_2O_4^{2-}]$$

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

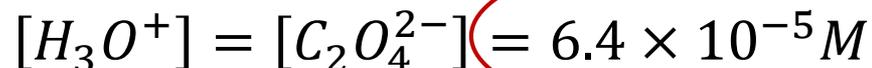
Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos

□ 1ª ionización:



□ 2ª ionización:



$([H_3O^+])_{1ª \text{ ionización}} \gg ([H_3O^+])_{2ª \text{ ionización}}$ (no es significativa)

■ Acidez condicionada por la 1ª ionización



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

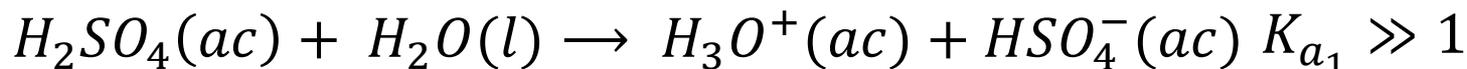
Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

37

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos. Excepción: H_2SO_4

- Se comporta como un ácido fuerte en su primera ionización
- La segunda desprotonación contribuye levemente a la molaridad de H_3O^+
- El pH global será ligeramente menor que el debido a la primera desprotonación



Cartagena99

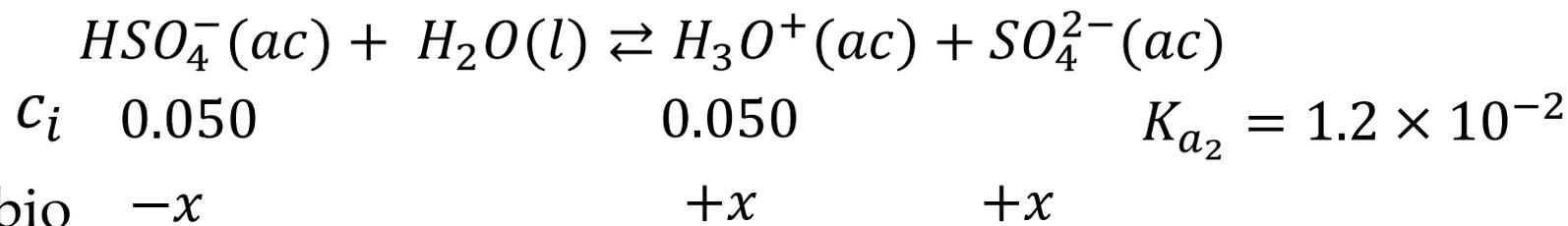
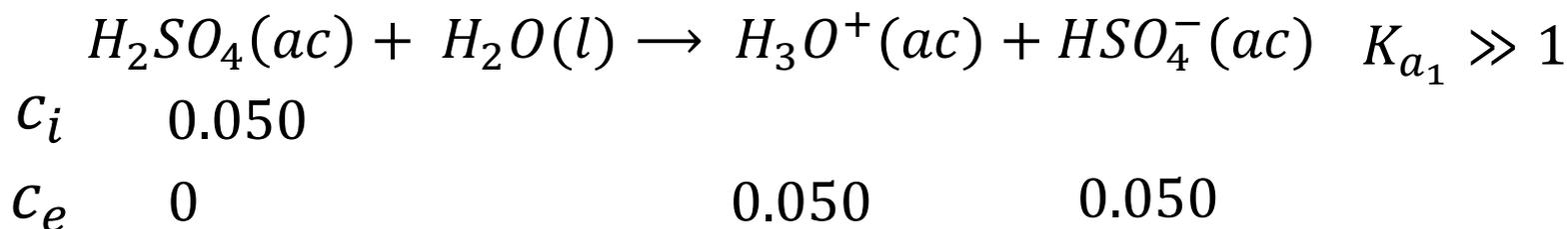
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos. Excepción: H_2SO_4

□ Ej.: Cálculo del pH de una disolución de H_2SO_4 0.050 M



Cartagena99

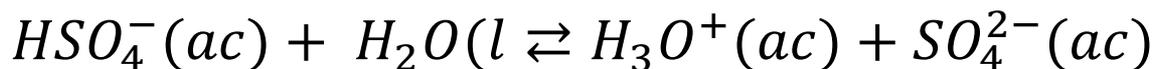
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Ácidos y bases polipróticos. Excepción: H_2SO_4

□ Ej.: Cálculo del pH de una disolución de H_2SO_4 0.050 M



$$C_i \quad 0.050 \qquad 0.050 \qquad K_{a_2} = 1.2 \times 10^{-2}$$

$$\text{cambio} \quad -x \qquad +x \qquad +x$$

$$C_e \quad 0.050 - x \qquad 0.050 + x \qquad x$$

$$K_{a_2} = 1.2 \times 10^{-2} = \frac{(0.050 + x)x}{(0.050 - x)} \qquad x^2 + 0.062x - 6 \times 10^{-4} = 0$$

$$x = 8.5 \times 10^{-3}$$

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

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales:

- Electrolitos fuertes, se disocian completamente en agua formando iones.
- Estos iones pueden reaccionar con el agua, generando un ácido o base débiles (que alteran el pH de la disolución)
- Esta reacción es la **hidrólisis de la sal**

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

41

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de *ácido fuerte y base fuerte*:

- No se hidrolizan
- Disolución $pH = 7$
- Cationes de bases fuertes: Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}
- Aniones de ácidos fuertes: Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , ClO_4^-

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

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de *ácido débil* y *base fuerte*:

- Se hidrolizan
- Disolución $pH > 7$ (básica)
- Anión actúa como base

□ Sales de *ácido fuerte* y *base débil*:

- Se hidrolizan
- Disolución $pH < 7$ (ácida)

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

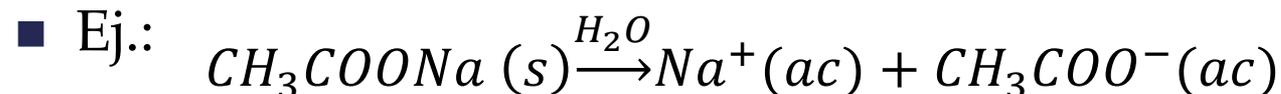
Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

43

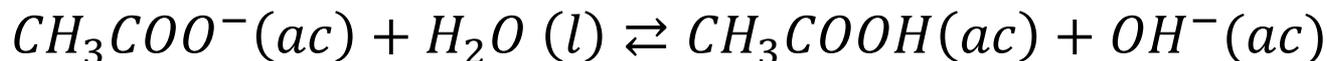
Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de *ácido débil* y *base fuerte*:



- CH_3COO^- : base conjugada del ácido débil CH_3COOH . Se hidroliza



- La constante de la reacción de hidrólisis

$$K_b = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

- El porcentaje de hidrólisis

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

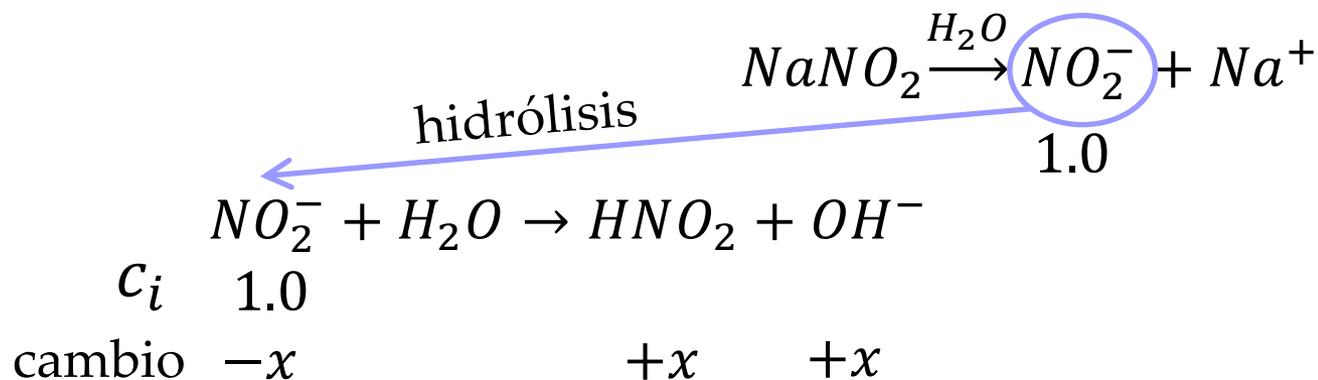
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de ácido débil y base fuerte:

- Ejercicio: Calcular el pH de una disolución 1.0 M de nitrito sódico, NaNO_2 , sabiendo que $K_a(\text{HNO}_2) = 4.6 \times 10^{-4}$



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

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de *ácido débil* y *base fuerte*:

- *Ejercicio: Calcular el pH de una disolución 1.0 M de nitrito sódico, NaNO_2 , sabiendo que $K_a(\text{HNO}_2) = 4.6 \times 10^{-4}$*

$$K_b = \frac{[\text{HNO}_2][\text{OH}^-]}{[\text{NO}_2^-]} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{x x}{1 - x} \quad \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.6 \times 10^{-4}} = \frac{x^2}{1 - x} \approx x^2$$

$$x = [\text{OH}^-] = 4.66 \times 10^{-6} \text{ M}$$

Cartagena99

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

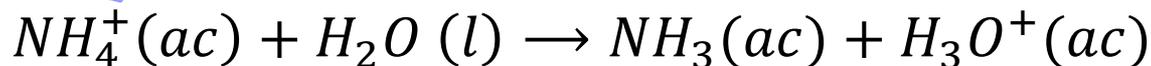
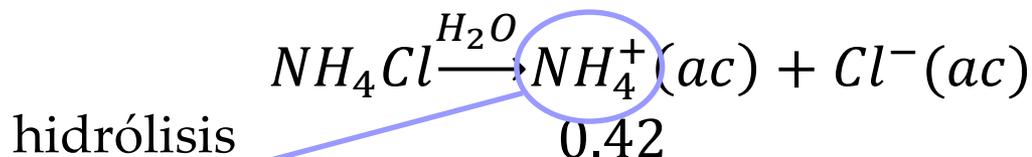
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de *ácido fuerte* y *base débil*:

- *Ejercicio: Calcular el pH de una disolución 0.42 M de NH_4Cl , sabiendo que $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$*



C_i 0.42

cambio $-x$

$+x$

$+x$

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

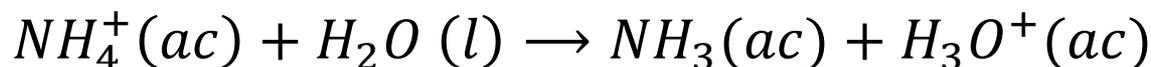
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de ácido fuerte y base débil:

- Ejercicio: Calcular el pH de una disolución 0.42 M de NH_4Cl , sabiendo que $K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \times 10^{-5}$



C_i	0.42		
cambio	$-x$	$+x$	$+x$
C_e	$0.42 - x$	x	x

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{x \cdot x}{0.42 - x} \approx \frac{x^2}{0.42}$$

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

pH = 4.82

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

48

Equilibrios ácido-base

Propiedades ácido-base de las sales

□ Sales de *ácido débil* y *base débil*:

- Se hidrolizan
- Cationes actúan como ácidos
- Aniones actúan como bases
- pH de la disolución dependerá de los valores relativos de K_a y K_b de los iones
 - $K_a < K_b$: Disolución básica (mayor % hidrólisis del anión)
 - $K_a > K_b$: Disolución ácida (mayor % hidrólisis del catión)

Cartagena99

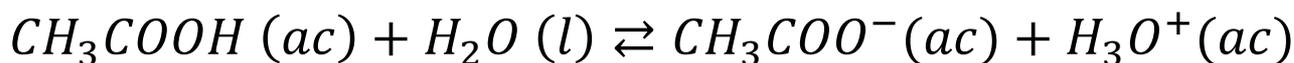
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Efecto del ion común

- *“Desplazamiento del equilibrio causado por la adición de un compuesto que tiene un ion común con la sustancia disuelta”*
 - Impide la ionización de ácidos y bases débiles y determina el pH de la disolución
 - Ej.: *Disolución 0.2 M de ácido acético ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)*



C_i 0.2

cambio $-x$

$+x$

$+x$

C_e 0.2 $-x$ $+x$

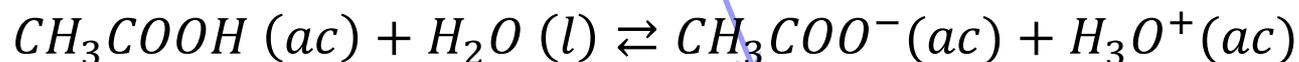
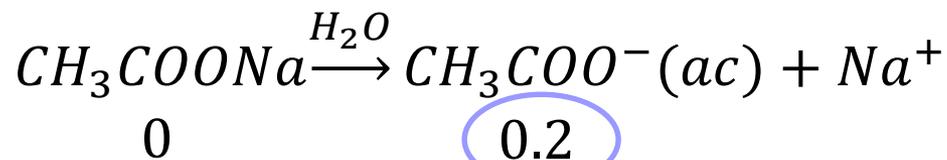
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Efecto del ion común

- Ej.: Disolución de ácido acético y acetato sódico, ambos de concentración 0.2 M ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)



	C_i	0.2		0.2	
cambio	$-x$		$+x$		$+x$
C_e	$0.2 - x$		$0.2 + x$		x

Cartagena99

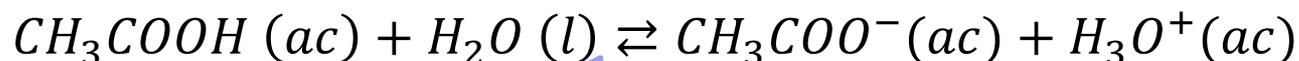
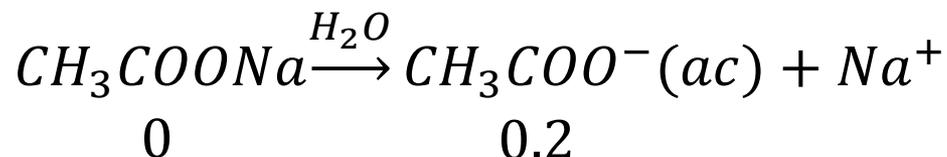
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Efecto del ion común

- Ej.: *Disolución de ácido acético y acetato sódico, ambos de concentración 0.2 M ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)*



C_i	0.2	←	0.2	
cambio	$-x$		$+x$	$+x$
C_e	$0.2 - x$		$0.2 + x$	x

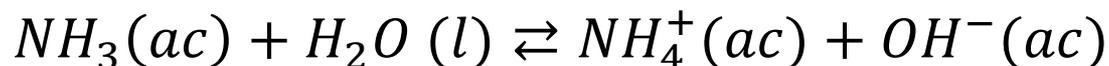
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Efecto del ion común

- Ej.: *Disolución de amoniaco 0.1 M ($K_b = 1.8 \times 10^{-5}$)*



C_i	0.1		
cambio	$-x$	$+x$	$+x$
C_e	$0.1 - x$	x	x

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{x^2}{0.1 - x} \approx \frac{x^2}{0.1}$$

Cartagena99

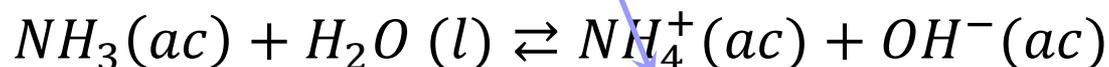
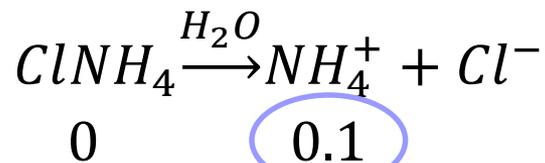
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Efecto del ion común

- Ej.: *Disolución de amoniaco y cloruro amónico, ambas de concentración 0.1 M ($K_b = 1.8 \times 10^{-5}$)*



C_i	0.1	0.1	
cambio	$-x$	$+x$	$+x$
C_e	$0.1 - x$	$0.1 + x$	x

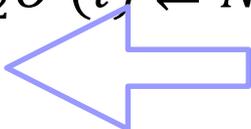
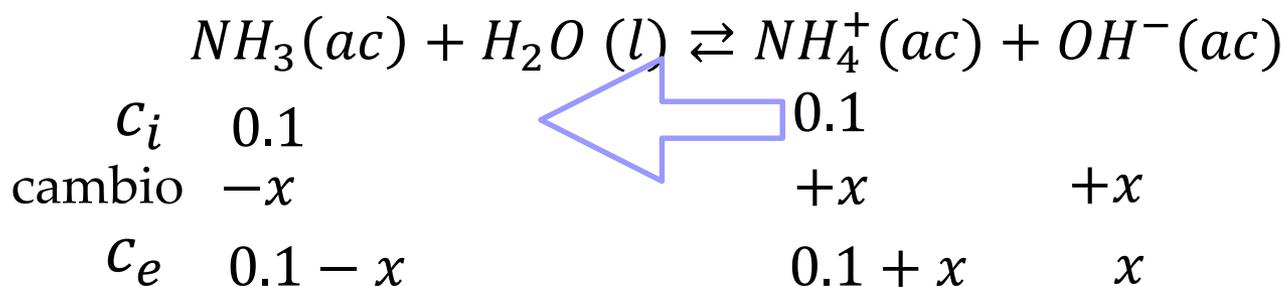
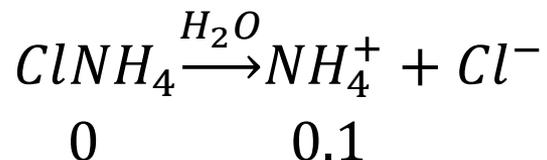
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Efecto del ion común

- Ej.: *Disolución de amoniaco y cloruro amónico, ambas de concentración 0.1 M ($K_b = 1.8 \times 10^{-5}$)*



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



Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

- Aquellas que contienen:
 - Un ácido débil y una sal de su base conjugada
 - Una base débil y una sal de su ácido conjugado
- También se denominan *amortiguadoras, tampón o buffer*
- Tienen la capacidad de resistir cambios en el pH cuando se les añaden pequeñas cantidades de un ácido o una base

Cartagena99

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

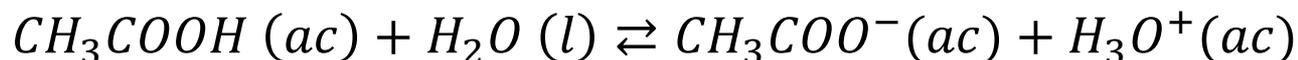
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

□ Ej.: A 1 L de la disolución anterior de ácido acético y acetato sódico 0.20 M ($pH = 4.74$) le añadimos:

■ **0.02 moles de NaOH(s)**



antes de
adición (mol) $\cong 0.20$ $\cong 0.20$ 1.8×10^{-5}

$pH = 4.74$

■ La base fuerte neutralizará una determinada cantidad

Cartagena99

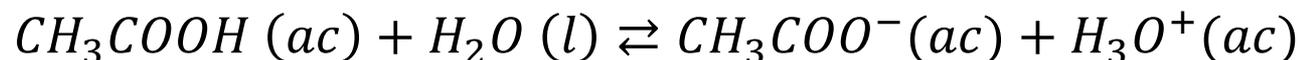
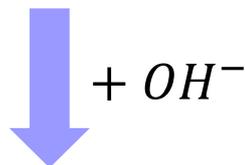
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

■ 0.02 moles de $\text{NaOH}(s)$



antes de
adición (mol)

$\cong 0.20$

$\cong 0.20$

1.8×10^{-5}

Cartagena99

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

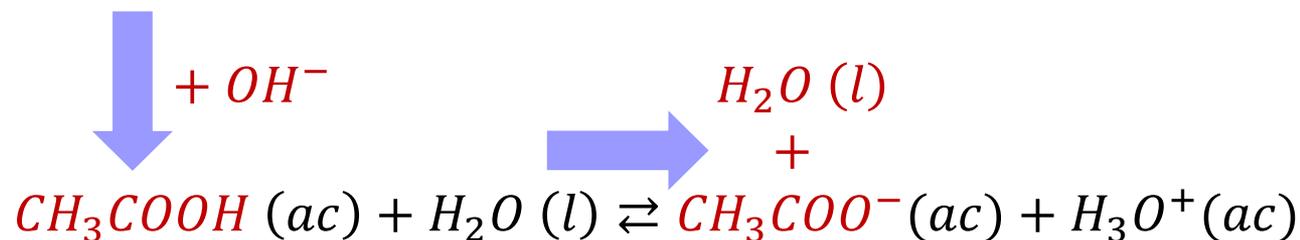
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

- 0.02 moles de NaOH(s)

Consideramos $\Delta V = 0$



antes de adición (mol)	$\cong 0.20$	$\cong 0.20$	1.8×10^{-5}
cambio	-0.02	$+0.02$	x

Cartagena99

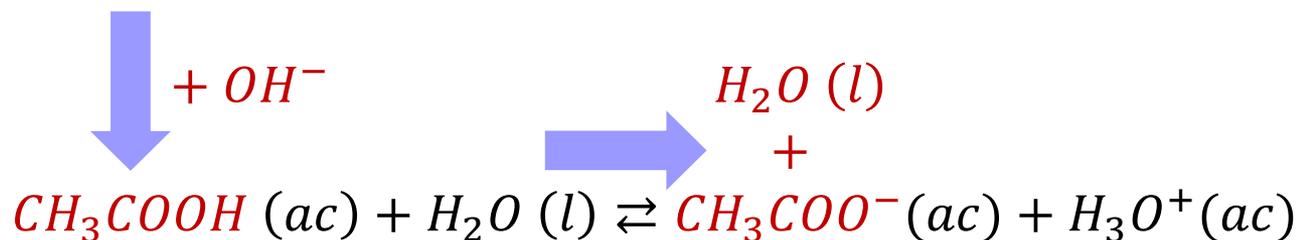
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

- 0.02 moles de $\text{NaOH}(s)$



antes de adición (mol)	$\cong 0.20$	$\cong 0.20$	1.8×10^{-5}
cambio	-0.02	$+0.02$	x
después de " " " " "	$\cong 0.18$	$\cong 0.22$	y

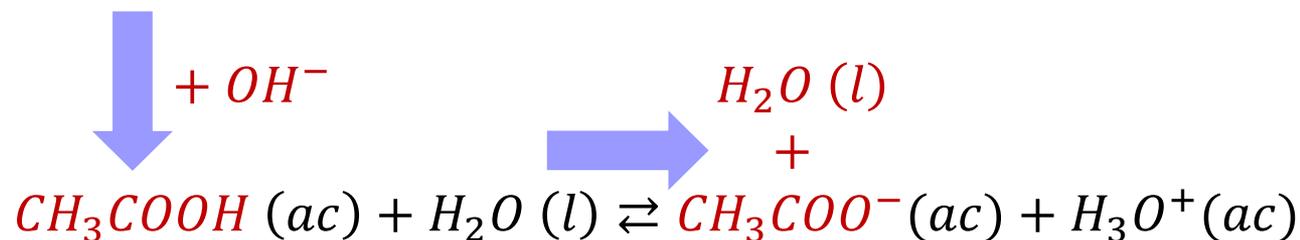
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

- 0.02 moles de $\text{NaOH}(s)$



después de
adición (mol)

$\cong 0.18$

$\cong 0.22$

y

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.18}{0.22} = 1.47 \times 10^{-5} \text{ M}$$

Cartagena99

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

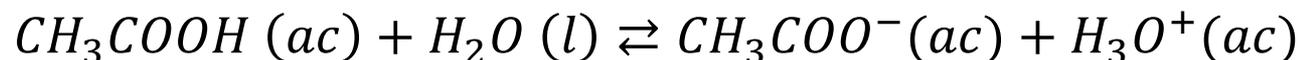
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

□ Ej.: A 1 L de la disolución anterior de ácido acético y acetato sódico 0.20 M ($pH = 4.74$) le añadimos:

■ **0.02 moles de HCl**



antes de
adición (mol) $\cong 0.20$ $\cong 0.20$ 1.8×10^{-5}

$pH = 4.74$

■ El ácido fuerte neutralizará una determinada

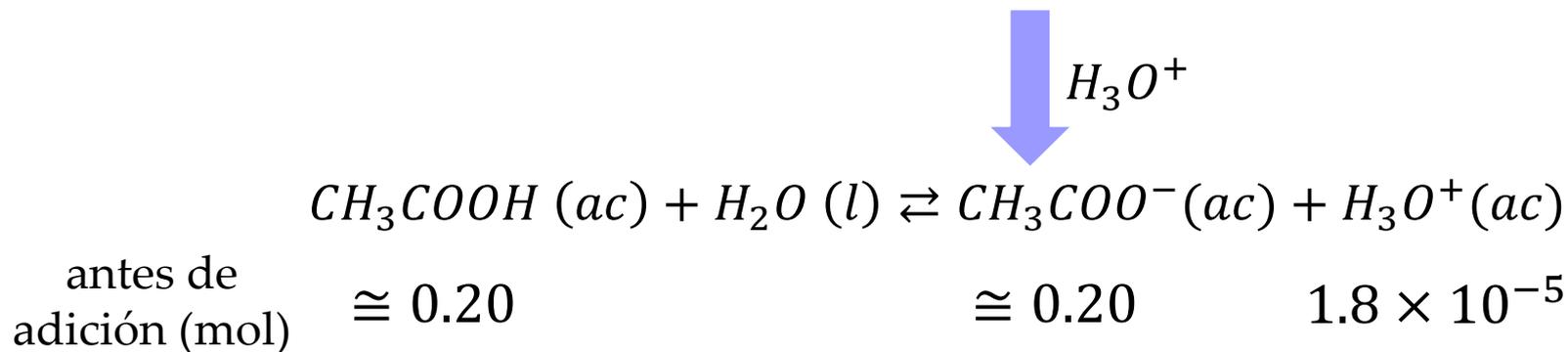
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

■ 0.02 moles de HCl



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

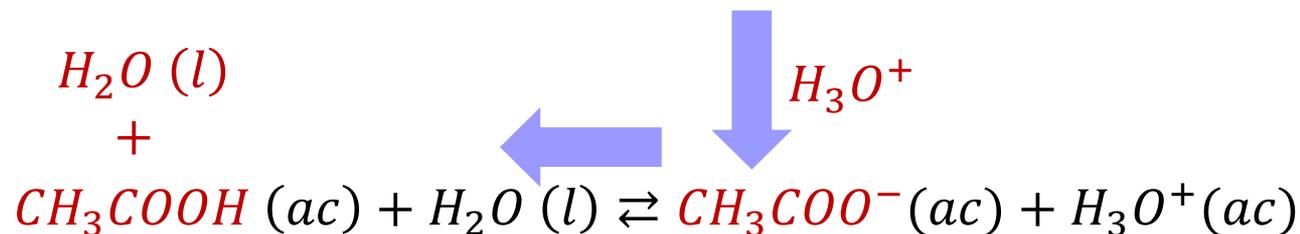
Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

63

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

■ 0.02 moles de HCl



antes de adición (mol)	$\cong 0.20$	$\cong 0.20$	1.8×10^{-5}
cambio	+0.02	-0.02	x
después de " " " " " "	$\cong 0.22$	$\cong 0.18$	y

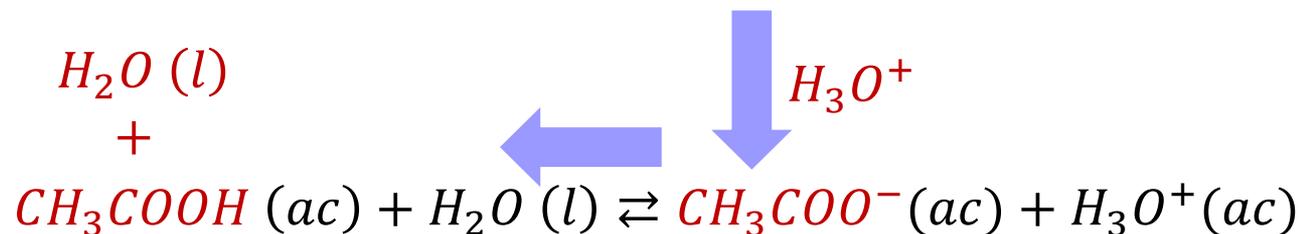
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

■ 0.02 moles de HCl



después de
adición (mol)

$\cong 0.22$

$\cong 0.18$

y

$$[H_3O^+] = K_a \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.22}{0.18} = 2.2 \times 10^{-5} M$$

Cartagena99

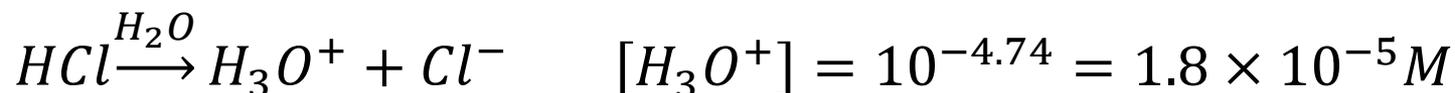
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

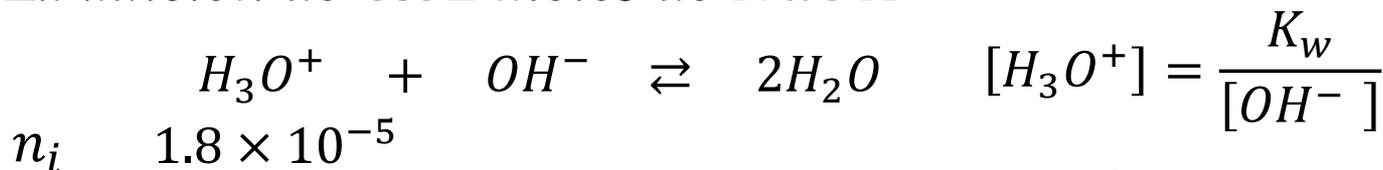
Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras

- En ambos casos el cambio en el pH ha sido muy pequeño ($\Delta pH = 0,08$)
 - *En una disolución de HCl de pH = 4.74*



- *La adición de 0.02 moles de NaOH*



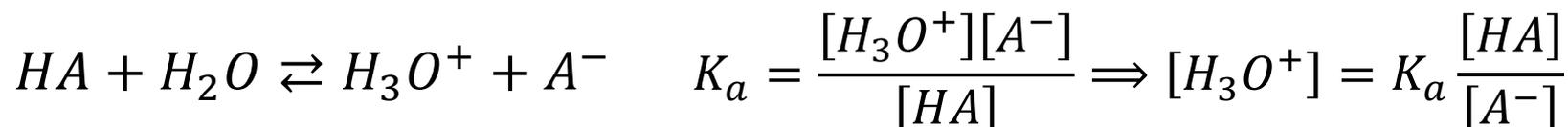
$$[H_3O^+] = 5.0 \times 10^{-13} M$$

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras. Estabilidad del pH



- Adición de OH^- : $HA \rightarrow A^- \Rightarrow [HA] \downarrow, [A^-] \uparrow$ y $\frac{[HA]}{[A^-]} \downarrow$
 - ▣ Si $[HA]_i$ y $[A^-]_i \gg [OH^-]_{añadido}$ el cambio en $\frac{[HA]}{[A^-]}$ será muy pequeño y el pH se mantendrá constante
- También mantienen el pH al diluirse:

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

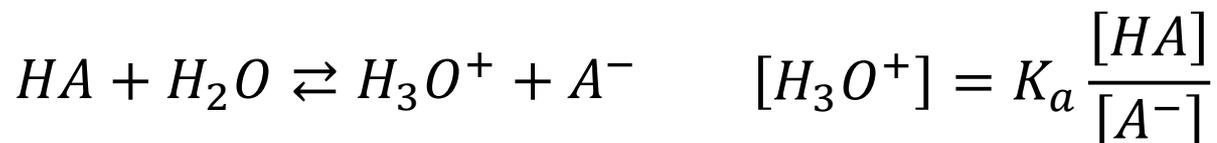
67

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras.

Ecuación de Henderson-Hasselbalch

- Permite calcular el pH de una disolución reguladora
 - *Disolución de ácido débil y la sal de su base conjugada*



$$\log [H_3O^+] = \log K_a + \log \frac{[HA]}{[A^-]} \quad pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

68

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras.

Ecuación de Henderson-Hasselbalch

■ Solo es válida si:

□ $0.10 < \frac{[\text{base conjugada}]}{[\text{ácido}]} < 10$

□ $[\text{HA}] \text{ y } [\text{A}^-] > 100K_a: [\text{HA}]_e = [\text{HA}]_i \text{ y } [\text{A}^-]_e = [\text{A}^-]_i$

■ Ej.: Para $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$



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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras.

Ecuación de Henderson-Hasselbalch

- *Disolución de base débil y la sal de su ácido conjugado*



$$[OH^-] = K_b \frac{[B]_i}{[BH^+]_i} \quad -\log[OH^-] = -\log K_b - \log \frac{[B]_i}{[BH^+]_i}$$

$$pOH = pK_b + \log \frac{[B]_i}{[BH^+]_i}$$

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

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras.

Ecuación de Henderson-Hasselbalch

- *Disolución de base débil y la sal de su ácido conjugado*



$$pOH = pK_b + \log \frac{[BH^+]_i}{[B]_i} \quad pK_w - pH = pK_b + \log \frac{[BH^+]_i}{[B]_i}$$

$$pH = pK_w - pK_b - \log \frac{[BH^+]_i}{[B]_i}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[B]_i}{[BH^+]_i}$$

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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

71

Equilibrios ácido-base

Disoluciones reguladoras.

Capacidad amortiguadora

□ *“Máxima cantidad de ácido o base que puede agregarse antes de que la disolución amortiguadora pierda su capacidad de resistir cambios en el pH”*

■ El tampón se rompe cuando:

□ $[ácido] \geq 10[base]$ o $[base] \geq 10[ácido]$

■ La disolución es efectiva en el rango de $pH = pK_a \pm 1$

□ Si $[ácido] = 10[base]$: $pH = pK_a + \log 0.1 = pK_a - 1$

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base

- Procedimiento utilizado para determinar la cantidad de ácido (base) que contiene una disolución.
- La disolución de ácido (base) de concentración desconocida se hace reaccionar con una disolución de base (ácido) de concentración conocida hasta completar la reacción de neutralización.
- La disolución de concentración conocida (disolución valorante patrón o estándar) se añade lentamente

Cartagena99

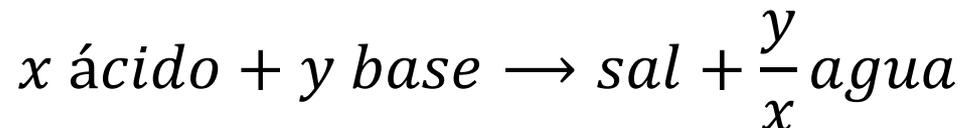
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base

- La concentración de la disolución desconocida se determina conociendo:
 - El volumen y la concentración de la disolución valorante
 - la estequiometria de la reacción
 - el volumen de la disolución desconocida



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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base

- El punto de equivalencia (o punto estequiométrico)
 - Es el punto en el que la reacción se ha completado
 - Se pone de manifiesto:
 - Midiendo los cambios de pH mediante un pH-metro y representándolos en una *curva de valoración*
 - Por el cambio de color de un *indicador ácido-base*



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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

75

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- Es la representación gráfica del pH de la disolución en función del volumen de disolución valorante añadido
 - *Valoración de un ácido fuerte con una base fuerte*
 - Ej.: Valoración de 25.0 mL de HCl 0.100 M con $NaOH$ 0.100 M



- *Antes de la adición de NaOH*

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ *Valoración de un ácido fuerte con una base fuerte*

□ *Después de la adición de 10.0 mL de NaOH 0.100 M*

$$n_{\text{OH}^-}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 10.0 = 1 \text{ mmol}$$

■ Reaccionan con la misma cantidad de H_3O^+

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = n_{\text{H}_3\text{O}^+}(\text{iniciales}) - n_{\text{OH}^-}(\text{añadidos}) = 1.5 \text{ mmol}$$

Cartagena99

$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 1.5 \text{ mmol}$

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ *Valoración de un ácido fuerte con una base fuerte*

□ *Después de la adición de 25.0 mL de NaOH 0.100 M*

$$n_{OH^-}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 25.0 = 2.5 \text{ mmol}$$

- Cantidad necesaria para neutralizar los 2.5 mmol de H_3O^+ iniciales. Se ha llegado al punto de equivalencia

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} M$$

$$pH = 7$$

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ *Valoración de un ácido fuerte con una base fuerte*

▣ *Después de la adición de 35.0 mL de NaOH 0.100 M*

$$n_{OH^-}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 35.0 = 3.5 \text{ mmol}$$

$$n_{OH^-}(\text{exceso}) = 3.5 - 2.5 = 1 \text{ mmol}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \text{ mmol}}{(25 + 35)\text{mL}} = 0.0167 \text{ M} \quad \boxed{pH = 12.22}$$

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

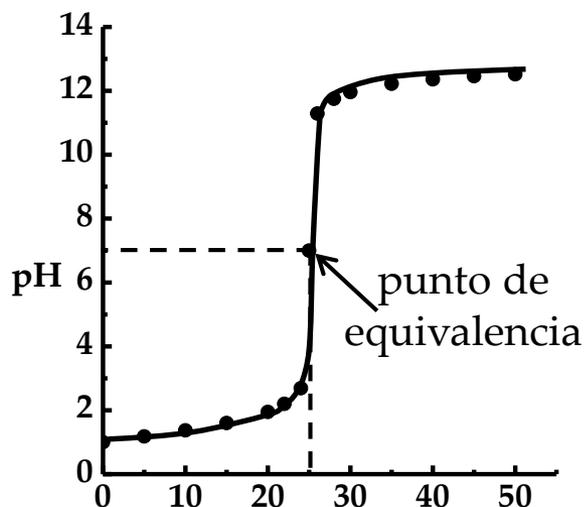
Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

79

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de un ácido fuerte con una base fuerte



- El pH tiene un valor bajo al comienzo
- Aumenta lentamente hasta justo cerca del punto de equivalencia
- En el punto de equivalencia aumenta bruscamente (la cantidad de H_3O^+ es muy baja y una pequeña cantidad de OH^- provoca un cambio brusco)

□ Después del punto de equivalencia el

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

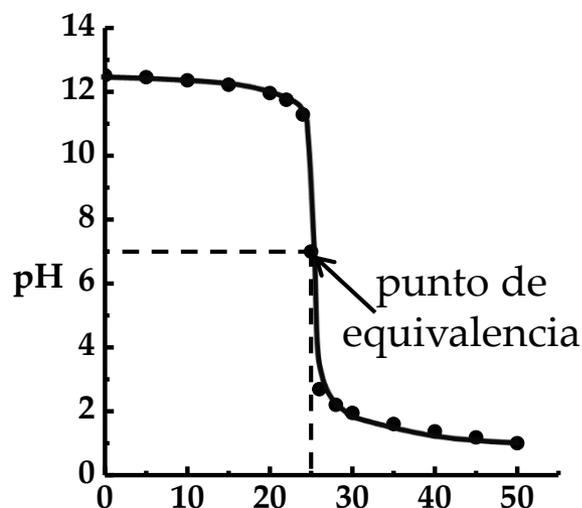
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de una base fuerte con un ácido fuerte

- Se obtiene una curva que es imagen especular de la anterior.
- El pH es inicialmente alto y va disminuyendo en el transcurso de la valoración



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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada

81

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- *Valoración de un ácido débil con una base fuerte*
- Ej.: Valoración de 25.0 mL de CH_3COOH 0.100 M con KOH 0.100 M ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)
 - ▣ *Antes de la adición de KOH*



$$K_a = 1.8 \times 10^{-5} \approx \frac{x^2}{0.100} \quad x = [H_3O^+] = 1.34 \times 10^{-3} M$$

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

Equilibrios ácido-base

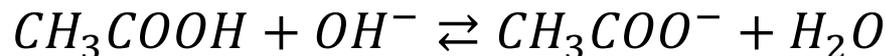
Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ *Valoración de un ácido débil con una base fuerte*

- ▣ *Después de la adición de 15.0 mL de KOH 0.100 M*

$$n_{OH^-}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 15.0 \text{ mL} = 1.5 \text{ mmol}$$

- ▣ Reaccionan con CH_3COOH en la reacción de neutralización



$$n_i \quad 2.5 \text{ mmol}$$

adición 1.5 mmol

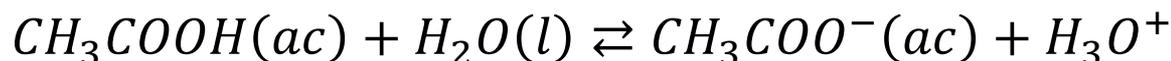
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- *Valoración de un ácido débil con una base fuerte*
 - ▣ *Después de la adición de 15.0 mL de KOH 0.100 M*



c_i	$\frac{1.0 \text{ mmol}}{(25 + 15)\text{mL}}$	\rightleftharpoons	$\frac{1.5 \text{ mmol}}{(25 + 15)\text{mL}}$
c_e	$\frac{1.0 \text{ mmol}}{(25 + 15)\text{mL}} - x$		$\frac{1.5 \text{ mmol}}{(25 + 15)\text{mL}} + x \quad x$

$$\left(\frac{1.5}{40} + x\right)x \quad x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1.2 \times 10^{-5} \text{ M}$$

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

Equilibrios ácido-base

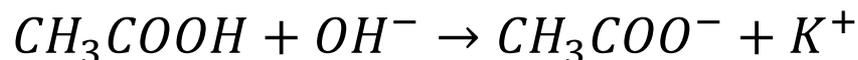
Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ *Valoración de un ácido débil con una base fuerte*

▣ *Después de la adición de 25.0 mL de KOH 0.100 M*

$$n_{OH^-}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 25.0 \text{ mL} = 2.5 \text{ mmol}$$

- ▣ Cantidad necesaria para neutralizar los 2.5 mmol de CH_3COOH iniciales. Se ha alcanzado el punto de equivalencia



$$n_{CH_3COO^-}(\text{formados}) = 2.5 \text{ mmol}$$

2.5 mmol

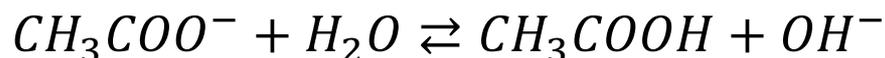
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- *Valoración de un ácido débil con una base fuerte*
 - ▣ *Después de la adición de 25.0 mL de KOH 0.100 M*



$$C_i \quad 0.0500$$

$$C_e \quad 0.0500 - x \qquad x \qquad x$$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{x^2}{0.0500 - x} \approx \frac{x^2}{0.0500}$$

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

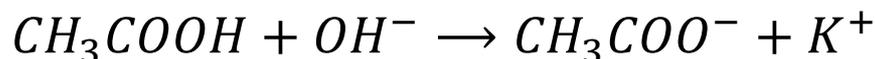
Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ *Valoración de un ácido débil con una base fuerte*

- ▣ *Después de la adición de 50.0 mL de KOH 0.100 M*

$$n_{OH^-}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 50.0 \text{ mL} = 5 \text{ mmol}$$



$$n_i \quad 2.5 \text{ mmol}$$

$$\text{adición} \quad 5 \text{ mmol}$$

$$n_f \quad 0 \quad 2.5 \text{ mmol} \quad 2.5 \text{ mmol}$$

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de un ácido débil con una base fuerte

- ▣ Después de la adición de 50.0 mL de KOH 0.100 M



$$c_i \quad \frac{2.5 \text{ mmol}}{(25 + 50)\text{mL}}$$

$$c_e \quad \frac{2.5 \text{ mmol}}{(25 + 50)\text{mL}} - x \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$

$$K_b = \frac{K_w}{K} = \frac{x^2}{2.5} \approx \frac{x^2}{2.5}$$

■ Esta $[\text{OH}^-]$ es muy pequeña comparada con los 2.5 mmol

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

Equilibrios ácido-base

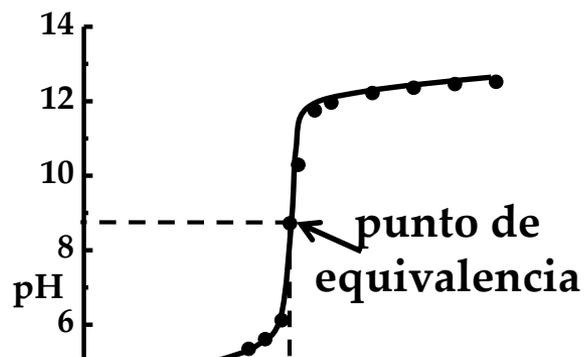
Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de un ácido débil con una base fuerte

- Después de la adición de 50.0 mL de KOH 0.100 M

$$[OH^-] = \frac{2.5 \text{ mmol}}{75 \text{ mL}} = 0.0333 \text{ M}$$

$$pH = 12.52$$



- Inicialmente: pH más alto que para el ácido fuerte. Aumento de pH más pronunciado (el anión formado es un ion común que reduce la ionización del ácido). A mitad del punto de

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

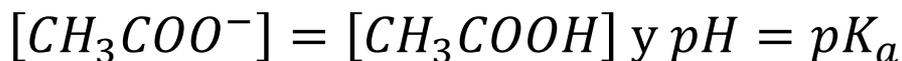
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de un ácido débil con una base fuerte

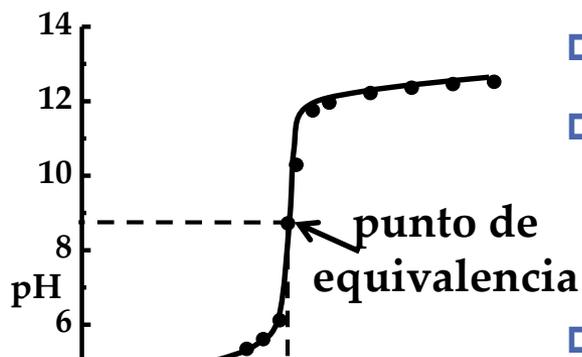
- En esta zona es una disolución reguladora (en el punto medio la capacidad amortiguadora es máxima)



- En el punto de equivalencia: $pH > 7$

- La región vertical del punto de equivalencia más corta que para ácido fuerte

- Después del punto de equivalencia: curva



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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- Valoración de una base débil con un ácido fuerte
- Ej.: Valoración de 25.0 mL de NH_3 0.100 M con HCl 0.100 M
 - Antes de la adición de HCl



$$C_i \quad 0.100$$

$$C_e \quad 0.100 - x \qquad \qquad x \qquad x$$

$$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x^2$$

$$x = [OH^-] = 1.34 \times 10^{-3} M$$

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

Equilibrios ácido-base

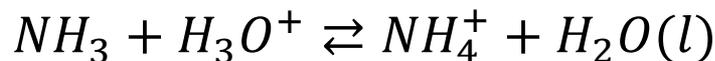
Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de una base débil con un ácido fuerte

▣ Después de la adición de 20.0 mL de HCl 0.100 M

$$n_{H_3O^+}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 20.0 = 2.0 \text{ mmol}$$

▣ Reaccionan con el NH_3 en la reacción de neutralización



n_i (mmol)

2.5

adición

2.0

n_f (mmol)

0.5

2.0

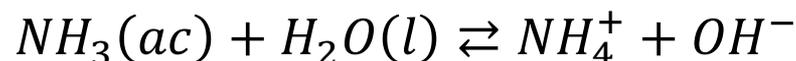
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- *Valoración de una base débil con un ácido fuerte*
 - ▣ *Después de la adición de 20.0 mL de HCl 0.100 M*



C_i	$\frac{0.5 \text{ mmol}}{(25 + 20) \text{ mL}}$	$\frac{2.0 \text{ mmol}}{(25 + 20) \text{ mL}}$
C_e	$\frac{0.5}{45} - x$	$\frac{2.0}{45} + x \quad x$

$$K_b = 1.0 \times 10^{-5} \approx \left(\frac{2.0}{45}\right) x \quad x = [OH^-] = 4.5 \times 10^{-6} M$$

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

Equilibrios ácido-base

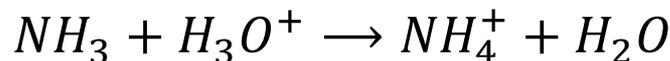
Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de una base débil con un ácido fuerte

▣ Después de la adición de 25.0 mL de HCl 0.100 M

$$n_{H_3O^+}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 25.0 = 2.5 \text{ mmol}$$

- Cantidad necesaria para neutralizar los 2.5 mmol de NH_3 iniciales. Se ha alcanzado el punto de equivalencia



$$n_{NH_4^+}(\text{formados}) = 2.5 \text{ mmol}$$

$$[NH_4^+] = \frac{2.5 \text{ mmol}}{(25 + 25) \text{ mL}} = 0.0500 \text{ M}$$

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

- *Valoración de una base débil con un ácido fuerte*
 - ▣ *Después de la adición de 25.0 mL de HCl 0.100 M*



$$c_i \quad 0.0500$$

$$c_e \quad 0.0500 - x \qquad x \qquad x$$

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{x^2}{0.0500 - x} \approx \frac{x^2}{0.0500}$$

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

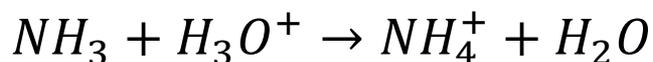
Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Curvas de valoración

■ Valoración de una base débil con un ácido fuerte

▣ Después de la adición de 50.0 mL de HCl 0.100 M

$$n_{H_3O^+}(\text{añadidos}) = 0.100 \times 50.0 \text{ mL} = 5 \text{ mmol}$$



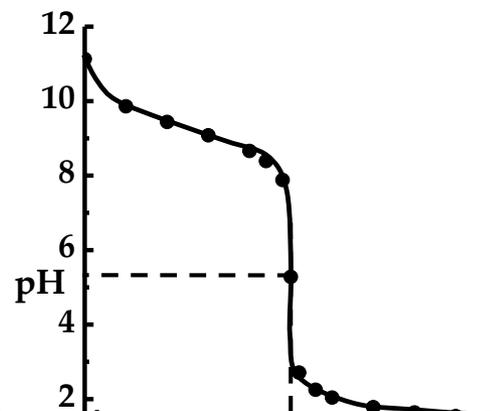
$$n_i(\text{mmol}) \quad 2.5$$

$$\text{adición} \quad \quad \quad 5$$

$$n_f(\text{mmol}) \quad 0$$

$$2.5$$

$$n_{H_3O^+}(\text{exceso}) = 5 - 2.5 = 2.5 \text{ mmol}$$



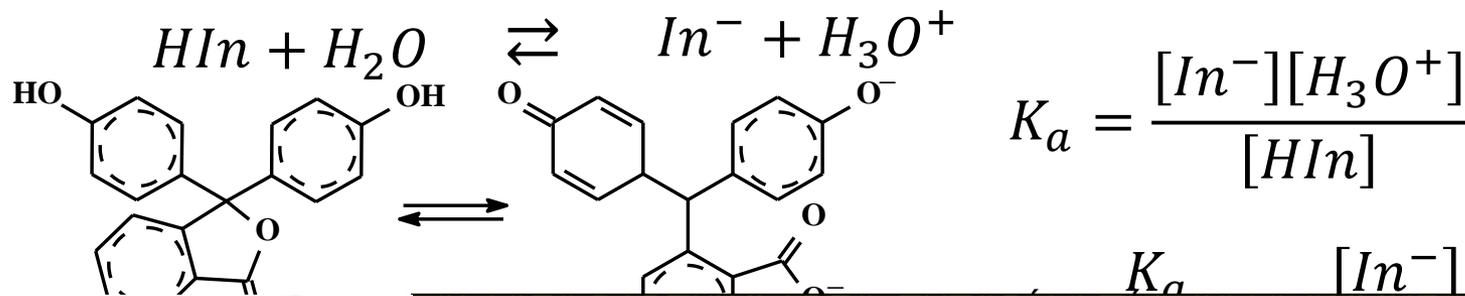
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Indicadores ácido-base

- Sustancias orgánicas complejas de carácter ácido o básico débil.
 - Color diferente en medio ácido (HIn) y básico (In^-)
 - Equilibrio de ionización afectado por $[H_3O^+]_{disolución}$

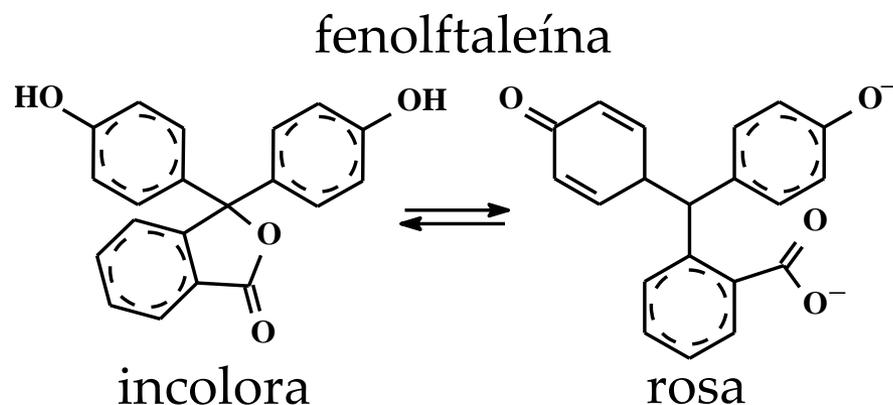


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

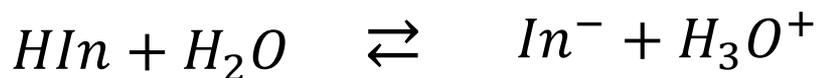
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Indicadores ácido-base



$$\frac{K_a}{[H_3O^+]} = \frac{[In^-]}{[HIn]}$$



- Si $[H_3O^+] \uparrow$: $[HIn] \uparrow$ y $[In^-] \downarrow$: desplaza hacia forma ácida
- Si $[H_3O^+] \downarrow$: $[HIn] \downarrow$ y $[In^-] \uparrow$: desplaza hacia forma básica

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Indicadores ácido-base

- El color de la disolución depende de las proporciones relativas de $[HIn]$ y $[In^-]$:
 - Si $\frac{[HIn]}{[In^-]} \geq 10$: predomina color forma ácida
 - Si $\frac{[HIn]}{[In^-]} \leq 0.1$: predomina color forma básica
- El cambio de color depende de su pK_a
 - Si $[HIn] \approx [In^-]$: $pH = pK_a + \log \frac{[In^-]}{[HIn]} = pK_a + \log 1 = pK_a$

Cartagena99

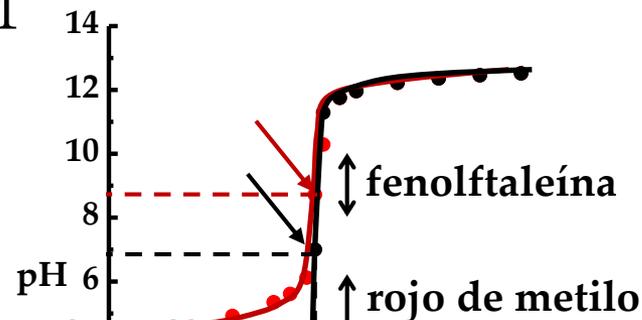
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios ácido-base

Valoraciones ácido-base. Indicadores ácido-base

- El cambio de color:
 - Se produce en el intervalo de dos unidades de pH
 - Indica el punto final de la valoración
 - El punto final de la valoración debe estar próximo al punto de equivalencia: $pK_a (In) = pH \pm 1$
 - Fenolftaleína (8–10): indicador adecuado tanto para HCl como para CH_3COOH
 - Rojo de metilo (4.4–6.2): no es



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

Cristina Díaz Oliva. Dpto. Química Física Aplicada volumen de base agregado /mL 100

EQUILIBRIOS DE SOLUBILIDAD

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

Equilibrios de solubilidad

□ Solubilidad:

- Máxima cantidad de soluto que se disuelve en un determinado disolvente a una temperatura específica
 $\left(\frac{g}{L}, \frac{mol}{L}\right)$

□ Disolución saturada:

- contiene la máxima cantidad de soluto que es posible disolver.
- Si existe mayor cantidad, precipita y se establece un equilibrio dinámico entre la parte disuelta y no

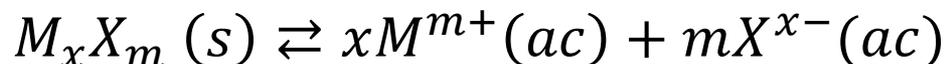
Cartagena99

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

Equilibrios de solubilidad

- Para una sal (M_xX_m):



$$S_{M_xX_m} = \frac{[M^{m+}]}{x} = \frac{[X^{x-}]}{m}$$

- La constante de equilibrio: *constante del producto del producto de solubilidad* o *producto de solubilidad*

$$K_{ps} = [M^{m+}]^x [X^{x-}]^m$$

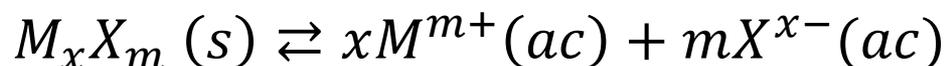
- Ej.: $A_2B_3(s) \rightleftharpoons 2A^{+}(ac) + 3B^{-}(ac) \quad K_{ps} = [A^{+}]^2[B^{-}]^3$

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

Equilibrios de solubilidad

Relación Solubilidad–producto de solubilidad



xS

ms

$$K_{ps} = [M^{m+}]^x [X^{x-}]^m = (xS)^x (ms)^m$$

$$K_{ps} = x^x m^m S^{x+m}$$

$x+m$

K_{ps}

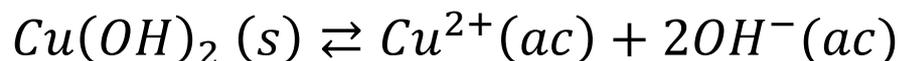
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios de solubilidad

Relación Solubilidad–producto de solubilidad

- Ej.: *Calcular la solubilidad del hidróxido de cobre (II) (en g/L) sabiendo que su $K_{ps} = 2.2 \times 10^{-20}$*



$$K_{ps} = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = s(2s)^2$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{2.2 \times 10^{-20}}{4}} = 1.8 \times 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Cartagena99

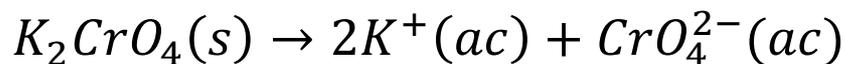
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

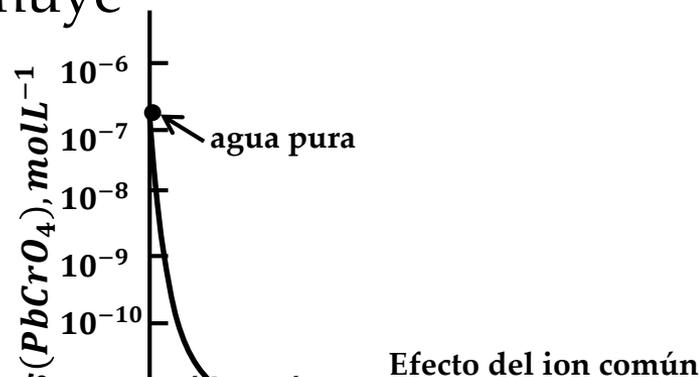
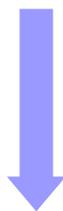
Equilibrios de solubilidad

Efecto del ion común

- Desplazamiento de la posición del equilibrio de solubilidad por la adición de un compuesto con un ion común con la sal disuelta
 - La solubilidad de la sal disminuye



La adición de CrO_4^{2-}
aumenta la $[CrO_4^{2-}]$



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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación

- Conocidas las concentraciones de iones en disolución y la K_{ps} es posible predecir si se formará precipitado al mezclar dos disoluciones o añadir un compuesto soluble a una disolución

- En el equilibrio: $M_x X_m (s) \rightleftharpoons x M^{m+} (ac) + m X^{x-} (ac)$

$$K_{ps} = [M^{m+}]_e^x [X^{x-}]_e^m$$

- Cuando la concentración de iones no corresponde a una situación de 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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación

- Si $Q < K_{ps}$: Disolución no saturada. No se forma precipitado
- Si $Q = K_{ps}$: Disolución saturada. Sistema en equilibrio
- Si $Q > K_{ps}$: Disolución sobresaturada. Se forma precipitado

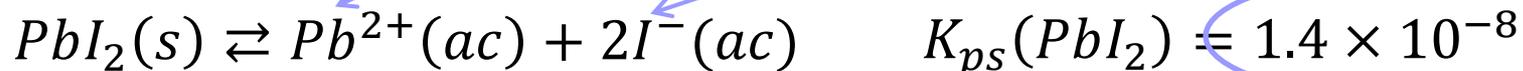
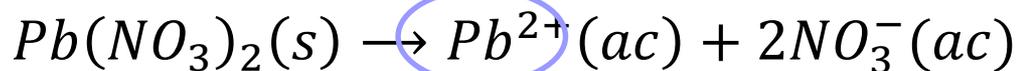
- *¿Se formará precipitado al mezclar 200.0 mL de $Pb(NO_2)_2$ 0.0200 M y 100.0 mL de KI 0.0100 M?*

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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación



$$[Pb^{2+}] = \frac{200.0 \text{ mL} \times 0.0200 \text{ M}}{300.0 \text{ mL}} = 1.33 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$[I^-] = \frac{100.0 \text{ mL} \times 0.0100 \text{ M}}{300.0 \text{ mL}} = 3.33 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$Q > K_{ps}$$

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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación fraccionada

□ Separación de los iones de una disolución por precipitación controlada.

■ Es óptima cuando $(Q > K_{ps})_{\text{especie 1}}$ y $(Q \ll K_{ps})_{\text{especie 2}}$

■ Ej.: Una disolución de Na_2SO_4 se añade gradualmente a una disolución que contiene 0.10 M de Ba^{2+} y 0.10 M de Ca^{2+} .

Calcular:

□ $[\text{SO}_4^{2-}]$ a la que empieza a precipitar BaSO_4

□ $[\text{SO}_4^{2-}]$ necesaria para que empiece a precipitar CaSO_4

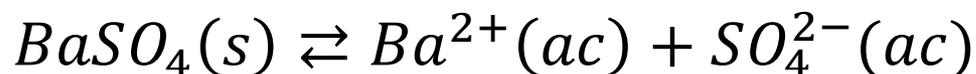
Cartagena99

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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación fraccionada



$$K_{ps}(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$$

- Comienza a precipitar $BaSO_4$ cuando:

$$Q = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] = K_{ps}(BaSO_4)$$

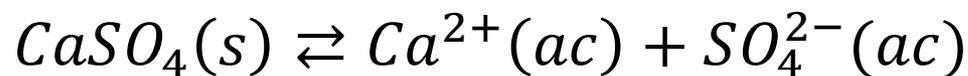
$$K_{ps}(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$$

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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación fraccionada



$$K_{ps}(CaSO_4) = 1.8 \times 10^{-5}$$

- Comienza a precipitar $CaSO_4$ cuando:

$$Q = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = K_{ps}(CaSO_4)$$

$$K_{ps}(CaSO_4) = 1.8 \times 10^{-5}$$

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

Equilibrios de solubilidad

Precipitación fraccionada

- En ese momento la $[Ba^{2+}]$ en disolución será:

$$[Ba^{2+}] [SO_4^{2-}] = K_{ps}(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$$

$$[Ba^{2+}] = \frac{K_{ps}(BaSO_4)}{[SO_4^{2-}]} = \frac{1.1 \times 10^{-10}}{1.8 \times 10^{-4}} = 6.1 \times 10^{-7} M$$

- Y el porcentaje de Ba^{2+} en disolución:

$$\% Ba^{2+}(disol) = \left(\frac{6.1 \times 10^{-7}}{0.1} \right) \times 100 = 6.1 \times 10^{-4} \%$$

- Se acepta que se ha producido la precipitación completa de un

Cartagena99

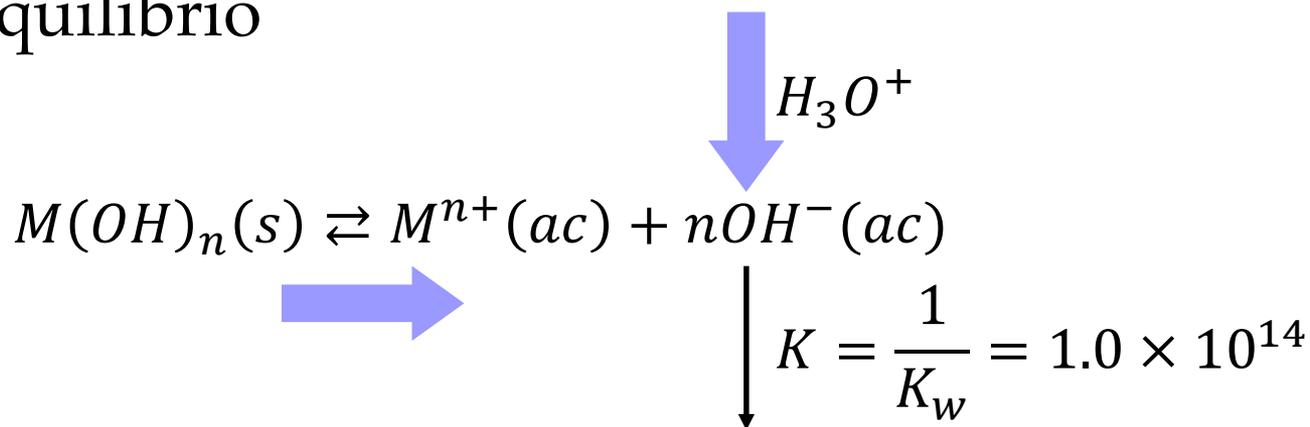
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios de solubilidad

Disolución de precipitados

- Proceso opuesto a la precipitación. Eliminando uno de los iones, el precipitado se disuelve para alcanzar el equilibrio



Cartagena99

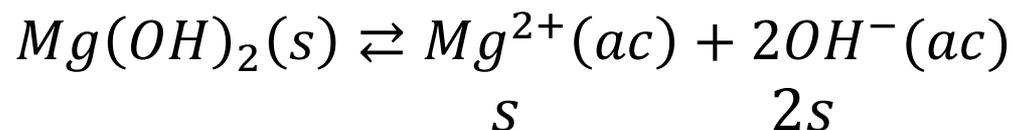
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios de solubilidad

Disolución de precipitados

- Ej.: Una disolución saturada de $Mg(OH)_2$ ($K_{ps} = 1.5 \times 10^{-11}$) tiene una solubilidad de:



$$K_{ps} = 1.5 \times 10^{-11} = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{1.5 \times 10^{-11}}{4}} = [Mg^{2+}] = 1.6 \times 10^{-4} M$$

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

Equilibrios de solubilidad

Disolución de precipitados

- Ej.: A pH 7 la solubilidad de $Mg(OH)_2$ ($K_{ps} = 1.5 \times 10^{-11}$) es:

- ▣ Si pH = 7 $[OH^-] = 10^{-7}$

$$s = [Mg^{2+}] = \frac{K_{ps}}{[OH^-]^2} = \frac{1.5 \times 10^{-11}}{(10^{-7})^2} = 1.5 \times 10^{-3} M$$

- ▣ La solubilidad ha aumentado más de **9 millones** de veces al aumentar la acidez ($1.5 \times 10^3 / 1.6 \times 10^{-4}$)

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

EQUILIBRIOS CON FORMACIÓN DE COMPLEJOS

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

Equilibrios con formación de complejos

- Es posible aumentar la solubilidad de los compuestos iónicos poco solubles por formación de un *ion complejo*
 - Aducto formado cuando un ion metálico se une a una base de Lewis (ligando) mediante enlaces covalentes coordinados
 - Los ligandos pueden ser moléculas neutras (H_2O, NH_3) o un ion negativo (Cl^-, CN^-)
 - Los compuestos que contienen un ion complejo se denominan *complejos de coordinación* o *iones complejos*

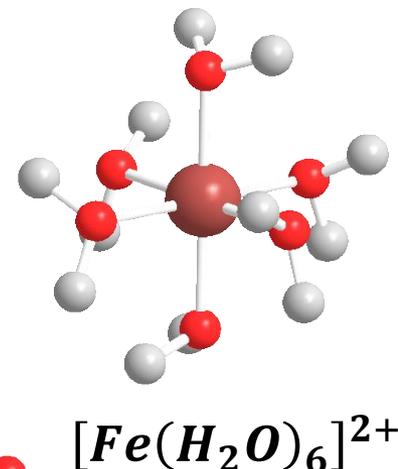
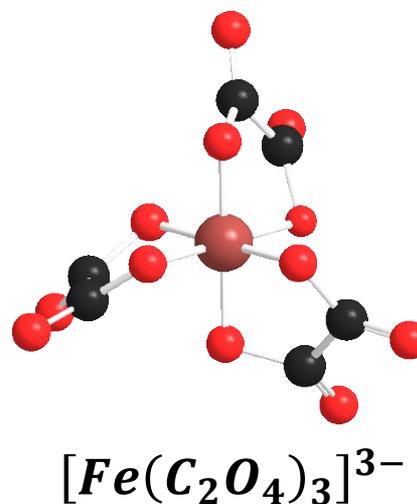
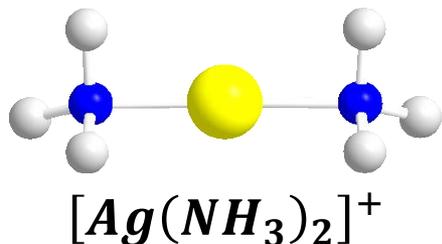
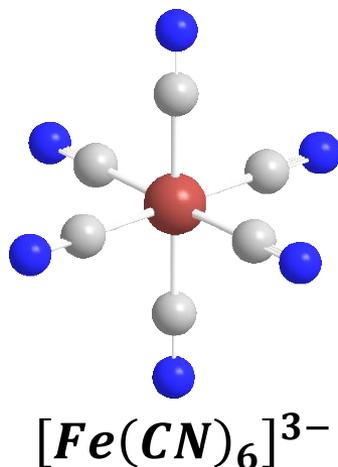
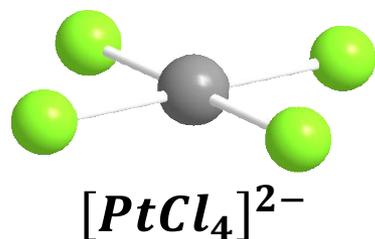
Cartagena99

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

Equilibrios con formación de complejos

□ Ejemplos:

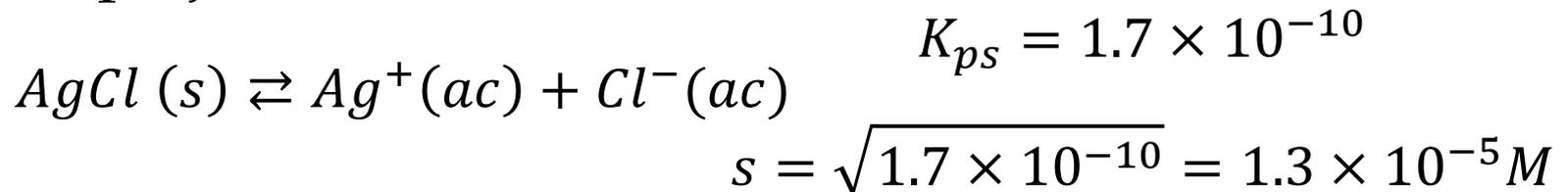


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Equilibrios con formación de complejos

- ¿Por qué aumenta la solubilidad la formación de complejos?



- Es muy poco soluble en agua.
- Su solubilidad no cambia por la adición de H_3O^+
- Se disuelve en NH_3 debido a la formación del ion complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$



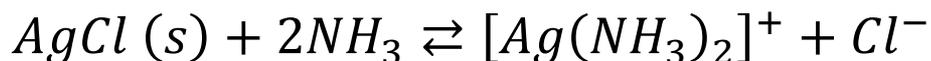
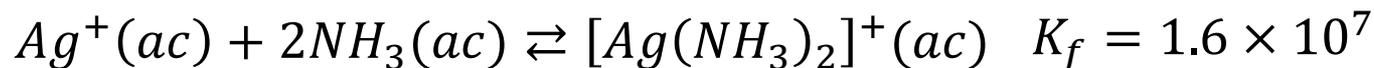
Cartagena99

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

Equilibrios con formación de complejos

- Sumando ambas reacciones



$$K = K_{ps}K_f = 1.7 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^7 = 2.7 \times 10^{-3}$$

$$K = 2.7 \times 10^{-3} \gg K_{ps} = 1.7 \times 10^{-10}$$

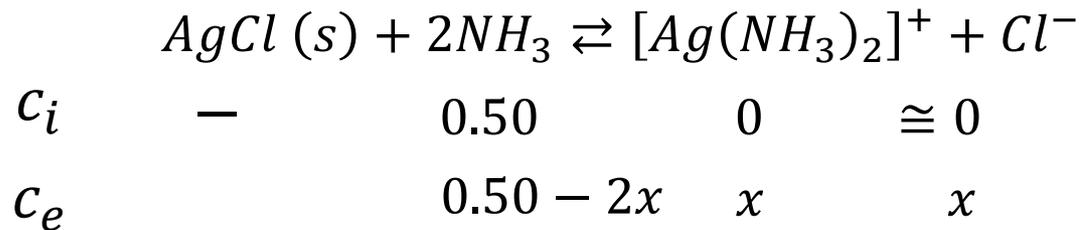
- El $AgCl$ es más soluble en NH_3 que en H_2O
- Como $K \gg K_{ps}$ se espera que todos los iones Ag^+ de

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

Equilibrios con formación de complejos

- La solubilidad del $AgCl$ (s) en una disolución 0.50 M de NH_3 es



$$K = 2.7 \times 10^{-3} = \frac{x^2}{(0.50 - 2x)^2}$$

$$x = [[Ag(NH_3)_2]^+] = [Cl^-] = 0.026 M$$

- Comparándola con la solubilidad en agua ($s = 1.3 \times$

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