

## PROBLEMAS ADICIONALES

1. Hallar las concentraciones molares de equilibrio de las especies  $H_3O^+$ ,  $F^-$  y  $HF$ , que se encuentran presentes en una disolución obtenida al disolver 0.5 moles de  $HF$  en 0.5 L.

*Dato.*- Para el ácido  $HF$ ,  $K_a = 6.7 \cdot 10^{-4}$

*Solución.*-  $[H_3O^+] = 0.0256$ ,  $[F^-] = 0.0256$ ,  $[OH^-] = 3.906 \cdot 10^{-13}$  y  $[HF] = 0.97$ .

2. Hallar el pH y el pOH de una disolución obtenida al disolver 1 mol de ácido acético (abreviadamente  $HAc$ ) y 1 mol de acetato de calcio ( $Ca(Ac)_2$ ) en la cantidad suficiente de agua para obtener 1 L de disolución.

*Dato.*- Para el ácido acético,  $HAc$ ,  $K_a = 1.8 \cdot 10^{-5}$

*Solución.*-  $pH = 5.05$ ,  $pOH = 8.95$

3. Demuestra que para el agua pura,  $pH = pOH = 7$ .

*Dato.*-  $K_w = 10^{-14}$

4. Hallar la  $[H_3O^+]$  de la disolución resultante de diluir 0.1 moles de  $NaCN$  en agua hasta obtener 1 L de disolución.

*Dato.*- Para el ácido  $HCN$ ,  $K_a = 7.2 \cdot 10^{-10}$

*Solución.*-  $[H_3O^+] = 8.49 \cdot 10^{-12}$  M.

5. Hallar la  $[OH^-]$  en la disolución obtenida al mezclar 1 mol de  $HCl$ , 1 mol de  $Ba(OH)_2$  y 1.5 moles de  $NH_4Cl$ , diluyendo esta mezcla en agua hasta obtener 1 litro de disolución.

*Dato.*- Para la base  $NH_3$ ,  $K_b = 1.8 \cdot 10^{-5}$

*Solución.*-  $[OH^-] = 3.6 \cdot 10^{-5}$  M

6. Calcular las concentraciones de todas las especies químicas presentes en el equilibrio, al disolver 0.1 moles de  $H_2S$  en una cantidad suficiente de agua para obtener 1 litro de disolución.

*Datos.*- Para  $H_2S + H_2O \rightleftharpoons HS^- + H_3O^+$   $K_{a1} = \frac{[HS^-][H_3O^+]}{[H_2S]} = 1.110 \cdot 10^{-7}$

Para  $HS^- + H_2O \rightleftharpoons S^{2-} + H_3O^+$   $K_{a2} = \frac{[S^{2-}][H_3O^+]}{[HS^-]} = 10^{-14}$

*Solución.*-  $[H_3O^+] = [HS^-] = 10^{-4}$  M,  $[S^{2-}] = 10^{-14}$  M y  $[OH^-] = 10^{-10}$  M

7. Supóngase que tenemos una disolución 0.15 M en  $HNO_2$  ( $K_a = 4.5 \cdot 10^{-4}$ ) y 0.2 M en  $HAc$  ( $K_a = 1.8 \cdot 10^{-5}$ ). Calcular  $[H^+]$ ,  $[NO_2^-]$  y  $[Ac^-]$ .

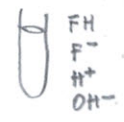
*Solución.*-  $[H^+] = 0.00822$  M,  $[NO_2^-] = 0.00778$  M y  $[Ac^-] = 0.000437$  M.

8. Calcular los moles de  $H_3O^+$  que se necesitan para disolver completamente 0.001 moles de  $AgCN$  en un litro de agua. Una vez disuelto todo el  $AgCN$ , ¿Cuánto valdrá el pH?

*Datos.*- Para  $AgCN$   $K_{sp} = 1.6 \cdot 10^{-14}$  y para  $HCN$   $K_a = 7.2 \cdot 10^{-10}$ .

*Solución.*- a) 0.046 moles de  $H_3O^+$ , b)  $pH = 1.347$

A-1



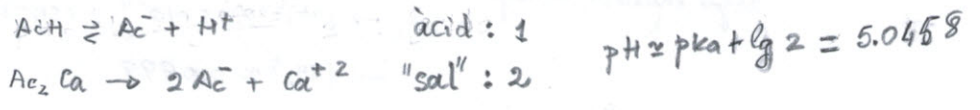
$C_0 = 1M ; K_a = 6.7 \cdot 10^{-4}$   
 $K_w = (H^+)(OH^-)$   
 $K_a = \frac{(F^-)(H^+)}{(FH)}$   
 $(F^-) + (OH^-) = (H^+)$   
 $C_0 = (FH) + (F^-)$

dissol àcida  $(OH^-) \ll (H^+)$

$K_a = \frac{(H^+)^2}{C_0 - (H^+)} \rightarrow (H^+)^2 + K_a(H^+) - K_a C_0 = 0$   
 $(H^+) = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a C_0}}{2} = 0.02556M [pH = 1.59]$   
 $(OH^-) = \frac{K_w}{(H^+)} = 3.9 \cdot 10^{-13}M$   
 $(F^-) \approx (H^+) = 0.02556$   
 $(FH) = C_0 - (F^-) = 0.974M$

A-2

$pH \approx pK_a + \lg \frac{(sEP)}{(ac)}$



Alternativa:

$K_w = (H^+)(OH^-)$   
 $K_a = \frac{(Ac^-)(H^+)}{(AcH)} = 1.8 \cdot 10^{-5}$   
 $2(Ca^{+2}) + (H^+) = (Ac^-) + (OH^-)$   
 $Ca + 2C_s = (Ac^-) + (AcH)$   
 $C_s = (Ca^{+2})$

Dissolució àcida

Solució exacta (polinomi 3er grau):  $pH = 5.0458$

$2C_s + (H^+) \approx (Ac^-)$   
 $2(C_s + Ca) \approx (AcH) + (Ac^-)$   
 $Ca - (H^+) \approx (AcH)$   
 $K_a = \frac{(2C_s + (H^+))(H^+)}{Ca - (H^+)} = \frac{(H^+)^2 + 2C_s(H^+)}{Ca - (H^+)}$

$(H^+)^2 + 2C_s(H^+) = K_a(Ca - K_a(H^+))$

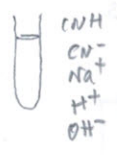
$(H^+)^2 + (H^+)(2C_s + K_a) - K_a Ca = 0$

$(H^+) = \frac{-(2C_s + K_a) + \sqrt{(2C_s + K_a)^2 + 4K_a Ca}}{2} = 9 \cdot 10^{-6}$

$pH = 5.0458$

A-4

$CN Na 0.1M$   
 $K_a = 7.2 \cdot 10^{-10}$



$K_w = (H^+)(OH^-)$   
 $K_a = \frac{(CN^-)(H^+)}{(CNH)}$   
 $(CN^-) + (OH^-) = (H^+) + (Na^+)$   
 $C_s = (Na^+)$   
 $C_s = (CNH) + (CN^-)$

Dissolució bàsica  $(OH^-) \gg (H^+)$

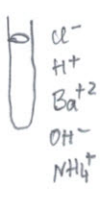
$K_a = \frac{(CN^-)K_w}{(OH^-)(CNH)}$   
 $C_s = (CN^-) + (OH^-)$   
 $C_s = (CN^-) + (CNH)$

$\frac{K_b}{K_a} = \frac{(OH^-)^2}{C_s - (OH^-)}$

$(OH^-)^2 = K_b C_s - K_b (OH^-)$   
 $(OH^-)^2 + K_b (OH^-) - K_b C_s = 0$

$(OH^-) = 1.1716 \cdot 10^{-3}, pOH = 2.93, pH = 11.07$

A-5



$C_a = 1$   
 $C_b = 1$   
 $C_s = 1.5$   
 $K_b(NH_3) = 1.8 \cdot 10^{-5}$   
 $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$   
 $Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{+2} + 2OH^-$

$K_w = (H^+)(OH^-)$   
 $K_b = \frac{(NH_4^+)(OH^-)}{(NH_3)}$   
 $(Cl^-) + (OH^-) = 2(Ba^{+2}) + (NH_4^+) + (H^+)$   
 $C_a + C_s = (Cl^-)$   
 $C_b = (Ba^{+2})$   
 $C_s = (NH_4^+) + (NH_3)$

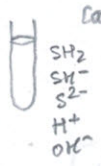
$C_a + C_s + (OH^-) = 2C_b + (NH_4^+)$   
 $K_b = \frac{(OH^-)[C_a + C_s - 2C_b + (OH^-)]}{C_s - [C_a + C_s - 2C_b + (OH^-)]}$   
 $K_b = \frac{(OH^-)[0.5 + (OH^-)]}{1 - (OH^-)}$

concentració bàsica

$(OH^-)^2 + (OH^-)[0.5 + K_b] - K_b = 0$

$(OH^-) = 3.6 \cdot 10^{-5}M$

R-6



$C_a = 0.1 M$

$$K_w = (H^+)(OH^-)$$

$$K_1 = \frac{(SH^-)(H^+)}{(SH_2)} = 1.1 \cdot 10^{-7}$$

$$K_2 = \frac{(S^{2-})(H^+)}{(SH^-)} = 10^{-14}$$

$$(H^+) = (OH^-) + (SH^-) + 2(S^{2-})$$

$$C_a = (SH_2) + (SH^-) + (S^{2-})$$

Solució àcida  
segon equilibri rebutjable

$$K_1 \approx \frac{(SH^-)(H^+)}{(SH_2)}$$

$$(H^+) \approx (SH^-)$$

$$C_a = (SH_2) + (SH^-)$$

$$\Downarrow$$

$$K_1 = \frac{(H^+)^2}{C_a - (H^+)}$$

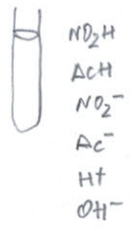
$$(S^{2-}) = \frac{K_2 (SH^-)}{(H^+)}$$

$$(S^{2-}) \approx 10^{-14} M$$

$$\rightarrow (H^+) = 1.05 \cdot 10^{-4} \approx (SH^-) \rightarrow (OH^-) \approx 10^{-10} M$$

$$\rightarrow (SH_2) \approx 0.0999$$

A-7



$HNO_2$  ( $K_{a1} = 4.5 \cdot 10^{-4}$ )  $C_1 = 0.15$   
 $AcH$  ( $K_{a2} = 1.8 \cdot 10^{-5}$ )  $C_2 = 0.2 M$

$$K_w = (H^+)(OH^-)$$

$$K_1 = \frac{(NO_2^-)(H^+)}{(NO_2H)}$$

$$K_2 = \frac{(Ac^-)(H^+)}{(AcH)}$$

$$(NO_2^-) + (Ac^-) + (OH^-) = (H^+)$$

$$C_1 = (NO_2H) + (NO_2^-)$$

$$C_2 = (AcH) + (Ac^-)$$

dissolució àcida

aproximació grosseira  
 $C_1 \approx (NO_2H)$   
 $C_2 \approx (AcH)$   
 perquè  $(NO_2^-) + (Ac^-) = (H^+)$   
 prèviament més petit  
 que  $C_1, C_2$

$$K_1 = \frac{(NO_2^-)(H^+)}{C_1}$$

$$K_2 = \frac{(Ac^-)(H^+)}{C_2}$$

$$(NO_2^-) + (Ac^-) = (H^+) \rightarrow (H^+)^2 = K_1 C_1 + K_2 C_2$$

$$\rightarrow (H^+) = 8.4 \cdot 10^{-3}$$

$$\rightarrow (NO_2^-) = 8.0 \cdot 10^{-3}$$

$$\rightarrow (Ac^-) = 4 \cdot 10^{-4}$$

$$[HNO_2] = 0.14$$

$$[AcH] = 0.1996$$

Solució exacta (Matemàtica)

$$(H^+) = 8.22 \cdot 10^{-3}$$

$$(NO_2^-) = 7.8 \cdot 10^{-3}$$

$$(Ac^-) = 4.4 \cdot 10^{-4}$$

A-8



$$AgCN \rightleftharpoons Ag^+ + CN^- \quad K_{ps} = 1.6 \cdot 10^{-14}$$

$$K_a = \frac{(CN^-)(H^+)}{(CNH)} = 7.2 \cdot 10^{-10}$$

$$(Ag^+) = 10^{-3} \Rightarrow (CN^-) = 1.6 \cdot 10^{-11} M$$

$$10^{-3} = (CNH) + (CN^-) \rightarrow (CNH) \approx 10^{-3}$$

$$\rightarrow (H^+) = K_a \frac{(CNH)}{(CN^-)} = 7.2 \cdot 10^{-10} \frac{10^{-3}}{1.6 \cdot 10^{-11}} = 0.045 M$$

$pH = 1.347$

$$\text{mols } (H^+) \approx 0.045 + 10^{-3} = 0.046 \text{ mols}$$

$H^+$  lliure       $H^+$  en CNH