

Ethyleendiamine-N,N'-diazijnzuur kan gebruikt worden als additief in waspoeders. In de meest zure vorm kan het product beschouwd worden als een zwak triprotisch zuur (H_3X). In de handel is het product verkrijgbaar in de amfolytvorm Na_2HX .

25,00 mL van een stockoplossing van Na_2HX wordt getitreerd met 0,400 mol/L HCl(aq).

Bij het beginpunt van de titratie bedraagt de pH van de oplossing 8,20.

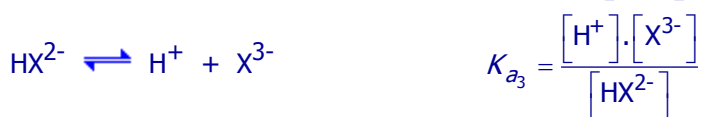
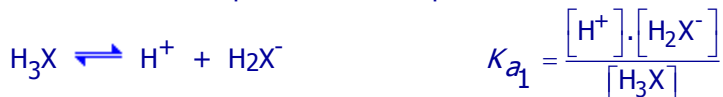
Het SP₁ wordt bereikt na toevoegen van 6,00 mL HCl; het SP₂ wordt bereikt bij 12,00 mL.

Na 4,00 mL HCl te hebben toegevoegd, bedraagt de pH 6,42 en na 8,00 mL HCl bedraagt de pH 3,40.

- Bereken de concentratie aan Na_2HX in de stockoplossing.
- Bereken pK_{a1} , pK_{a2} en pK_{a3} van H_3X .
- Bereken de pH bij SP₂.
- Wat is de pH van een 0,10 mol/L Na_3X -oplossing?

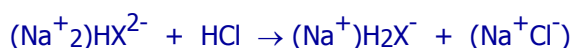
Oplossing

In de meest zure vorm kan het product beschouwd worden als een zwak triprotisch zuur (H_3X) dat dus maximaal drie protonen kan afsplitsen.



Zuur ₁ K_{a1}	Zuur ₂ K_{a2}	Zuur ₃ K_{a3}	
H_3X	H_2X^-	HX^{2-}	X^{3-}
	K_{b3}	K_{b2}	K_{b1}
	Base ₃	Base ₂	Base ₁

a. Bereken de concentratie aan Na_2HX in de stockoplossing.



6,00 mL 0,400 mol/L HCl bevat $2,40 \cdot 10^{-3}$ mol (2,40 mmol) HCl

→

25,0 mL $(Na^+)_2HX^{2-}$ -oplossing bevat dus ook $2,40 \cdot 10^{-3}$ mol (2,40 mmol) $(Na^+)_2HX^{2-}$.

→

$$c_{(Na^+)_2HX^{2-}} = \frac{2,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{25,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 9,60 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

b. Bereken pK_{a1} , pK_{a2} en pK_{a3} van H_3X .**Berekenen van pK_{a2}**

Na toevoegen van 4,00 mL 0,400 mol/L HCl (bevat $1,60 \cdot 10^{-3}$ mol HCl) is er een buffer aanwezig: HX^{2-} / H_2X^-

$$pH = pK_{a2} + \log \frac{[HX^{2-}]}{[H_2X^-]}$$

	HX^{2-}	HCl	H_2X^-
Begin	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$1,60 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol
Δ	$- 1,60 \cdot 10^{-3}$ mol	$- 1,60 \cdot 10^{-3}$ mol	$+ 1,60 \cdot 10^{-3}$ mol
Eind	$0,80 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol	$1,60 \cdot 10^{-3}$ mol

$$pH = 6,42$$

$$\begin{aligned}
 &= pK_{a2} + \log \frac{\frac{0,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{29,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}}}{\frac{1,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{29,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}}} \\
 &= pK_{a2} + \log \frac{0,80}{1,60} \\
 &= pK_{a2} - 0,30
 \end{aligned}$$

Hieruit volgt dat **$pK_{a2} = 6,72$** .

Bereken van pK_{a1}

Na toevoegen van 8,00 mL 0,400 mol/L HCl (bevat $3,20 \cdot 10^{-3}$ mol HCl) is er een buffer aanwezig H_2X^- / H_3X

$$pH = pK_{a1} + \log \frac{[H_2X^-]}{[H_3X]}$$

	HX^{2-}	HCl	H_2X^-	H_3X
Begin	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$3,20 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol	0 mol
Δ	$- 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$- 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$+ 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol
SP1	0 mol	$0,80 \cdot 10^{-3}$ mol	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol
Δ	0 mol	$- 0,80 \cdot 10^{-3}$ mol	$- 0,80 \cdot 10^{-3}$ mol	$+ 0,80 \cdot 10^{-3}$ mol
Eind	0 mol	0 mol	$1,60 \cdot 10^{-3}$ mol	$0,80 \cdot 10^{-3}$ mol

$$pH = 3,40$$

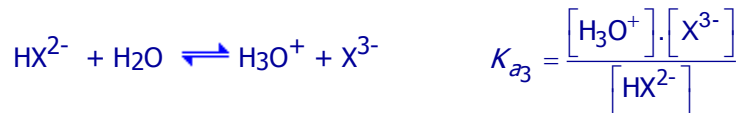
$$\begin{aligned}
 &= pK_{a1} + \log \frac{\frac{1,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{33,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}}}{\frac{0,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{33,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}}} \\
 &= pK_{a1} + \log \frac{1,60}{0,80} \\
 &= pK_{a1} + 0,30
 \end{aligned}$$

Hieruit volgt dat $pK_{a_1} = 3,10$.

Bereken van pK_{a_3}

HX^{2-} is een **amfolyt**.

- HX^{2-} is een zuur



- HX^{2-} is een base



De pH van deze amfolytoplossing is (bij benadering) gelijk aan:

$$pH = \frac{1}{2}(pK_{a_3} + pK_{a_2})$$

$$8,20 = \frac{1}{2}(pK_{a_3} + 6,72)$$

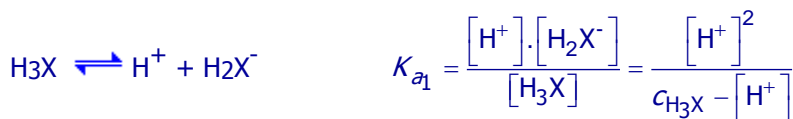
$$pK_{a_3} = 9,68$$

c. Bereken de pH bij SP2.

Na toevoegen van 12,00 mL 0,400 mol/L HCl (bevat $4,80 \cdot 10^{-3}$ mol HCl) is alle HX^{2-} omgezet in H_3X . Dit is een zwak (triprotisch) zuur.

	HX^{2-}	HCl	H_2X^-	H_3X
Begin	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$4,80 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol	0 mol
Δ	$- 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$- 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$+ 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol
SP1	0 mol	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	0 mol
Δ	0 mol	$- 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$- 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol	$+ 2,40 \cdot 10^{-3}$ mol
SP2	0 mol	0 mol	0 mol	$2,40 \cdot 10^{-3}$ mol

$$c_{H_3X} = \frac{2,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{37,0 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 6,49 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$



→

$$[H^+]^2 = K_{a_1} \cdot c_{H_3X} - K_{a_1} \cdot [H^+]$$

$$[H^+]^2 + K_{a_1} \cdot [H^+] - K_{a_1} \cdot c_{H_3X} = 0$$

$$[H^+]^2 + 7,94 \cdot 10^{-4} \times [H^+] - 7,94 \cdot 10^{-4} \times 6,49 \cdot 10^{-2} = 0$$

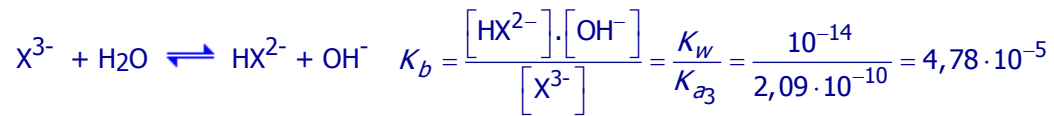
$$[H^+]^2 + 7,94 \cdot 10^{-4} \times [H^+] - 5,15 \cdot 10^{-5} = 0$$

$$[H^+] = 6,80 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$pH = 2,17$$

d. Wat is de pH van een 0,10 mol/L Na₃X-oplossing?

(Na⁺)₃X³⁻ is een zwakke base:



$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{c_{Na_3X} - [OH^-]}$$

$$[OH^-]^2 + K_b \cdot [OH^-] - K_b \cdot c_{Na_3X} = 0$$

$$[OH^-]^2 + 4,78 \cdot 10^{-5} \times [OH^-] - 4,78 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$[OH^-] = 2,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{pOH} = 2,67$$

$$\text{pH} = 11,33$$