① 2.2 g NH_4Cl $K_b = 1.8\ 10^{-5}$

250 mL di NH_3 0.12 M

CALCOLO pH SOL. ORIGINALE

$$[OH^-] = \sqrt{K_b [NH_3]_0} = 0.0015\ M$$

$$pOH = 2.8 \qquad pH = 14 - pOH = 11.2$$

CALCOLO pH SOL. TAMPONE

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$n_{NH_4Cl} = \frac{\text{MASSA}}{PM} = \frac{2.2}{53.40} = 0.041\ \text{moli}$$

$$n_{NH_4Cl} = n_{NH_4^+}$$

$$[NH_4^+] = \frac{\text{moli}}{\text{VOLUME}} = \frac{0.041}{0.250} = 0.164\ M$$

$$K_a = K_w / K_b = 5.56\ 10^{-10}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$\simeq 9.25 - 0.14 = 9.11$$

---

(2) 0.125 moli di NH_4Cl quindi NH_4^+ e 500 mL di NH_3 0.5 M

SI IMMAGINA CHE IL VOLUME RIMANGA COSTANTE

a) $$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$[NH_4^+] = \frac{0.125}{0.5} = 0.25\ M$$

$$pH = pK_a + \log \frac{0.5}{0.25} = 9.55$$

b) AGGIUNGO 0.01 moli di HCl

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ ACIDO FORTE

POI:

$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$

AUMENTA LA $[NH_4^+]$:

moli $NH_4^+ = 0.125 + 0.01 = 0.135$ mol

(0.125: MOLI INIZIALI; 0.01: MOLI HCl)

$[NH_4^+] = \frac{0.135}{0.5} = 0.27\ M$

NH_3 DIMINUISCE INOLTRE:

moli iniz. $NH_3 = [NH_3] \cdot V$

$= 0.5 \times 0.5$

$= 0.25$ moli

moli $NH_3 = 0.25 - 0.01$

(0.01: moli di HCl)

$= 0.24$ mol

$[NH_3] = \frac{\text{moli}}{\text{VOLUME}} = \frac{0.24}{0.5} = 0.48\ M$

DA CUI:

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$= 9.25 + \log \frac{0.48}{0.27}$$

$$= 9.50$$

---

(3) $C_6H_5OH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H_3O^+$

$K_a = 1.29\ 10^{-10}$

a) $M_{FEN.} = \frac{MASSA}{PM} = \frac{0.515}{94} = 0.0055$ moli

$$[FEN.]_0 = \frac{M_{FEN.}}{V} = \frac{0.0055}{0.125}$$

$$= 0.0044\ M$$

QUINDI:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot [FEN.]_0} = 2.4\ 10^{-6}\ M$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = 5.6$$

b) PUNTO EQUIVALENTE

$n_{NaOH} = n_{FEN.}$ PER DEFINIZIONE

QUINDI $n_{NaOH} = 0.0055$ moli

$V_F = V_{INIZIALE} + V_{NaOH}$

V_{NaOH} = VOLUME TITOLANTE

$= \frac{n_{NaOH}}{[NaOH]} = \frac{0.0055}{0.123} = 44.7$ mL

↳ 0.123 M

$V_F = V_{INIZIALE} + V_{NaOH}$

$= 125 + 44.7 = 169.7$ mL

DETERMINIAMO LE CONCENTRAZIONI:

$[Na^+]$ $\quad n_{Na^+} = n_{NaOH} = 0.0055$ moli

$[Na^+] = \frac{0.0055}{V_F} = \frac{0.0055}{169.7\ 10^{-3}}$

$= 0.032$ M

$[OH^-]$ AL PUNTO EQ. L'ACIDO E' STATO CONVERTITO NELLA BASE CONIUGATA $NaOH$ E' STATO CONSUMATO TUTTO QUINDI

$$C_6H_5O^- + H_2O \rightleftarrows C_6H_5OH + OH^-$$

$$K_b = K_w / K_a \simeq 7.75 \cdot 10^{-5}$$

$$M_{C_6H_5O^-} = M_{C_6H_5OH} \text{ INIZIALI}$$

$$= M_{NaOH} = 0.0055 \text{ mol}$$

$$[C_6H_5O^-] = \frac{0.0055}{V_F}$$

$$= \frac{0.0055}{0.123} = 0.032\ M$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b [C_6H_5O^-]_0} = 0.0016\ M$$

$[H_3O^+]$ QUI BASTA RICORDARE

$$K_w = [OH^-]\,[H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = K_w / [OH^-]$$

$$= 6.25\ 10^{-12}\ M$$

$C_6H_5O^-$

AVENDO USATO LA FORMULA APPROSSIMATA

$$[C_6H_5O^-] \simeq [C_6H_5O^-]_0$$

$$= 0.032\ M$$

VOLENDO

$$[C_6H_5O^-] = [C_6H_5O^-]_0 - [OH^-]$$

$$\simeq 0.032 - 0.0016$$

$$\simeq 0.0304\ M$$

c)

pH AL PUNTO EQUIVALENTE VEDI $[H_3O^+]$ CALCOLATA SOPRA E QUINDI

$$pH = -\log(6.25\ 10^{-12})$$

$= 11.2$

④ 25 mL di NH_3
36.78 mL di HCl 0.0105 M

a) QUANTI MOLI DI HCl HO AGGIUNTO?

$n_{HCl} = n_{NH_3}$ AL PUNTO EQ. PER DEFINIZIONE

$$n_{HCl} = V_{HCl} \cdot [HCl]$$
$$= 36.78\,10^{-3} \cdot 0.0105$$
$$= 0.000386 \text{ moli}$$

$$n_{NH_3} = n_{HCl} = 0.000386 \text{ moli}$$

$$[NH_3]_{INIZIALE} = \frac{n_{NH_3}}{V_{INIZIALE}}$$
$$= \frac{0.000386}{25\,10^{-3}}$$

$= 0.0154\ M$

b) AL PUNTO EQ. IL VOLUME SARA' $V_{INIZIALE} + V_{HCl}$

$V_F = V_{INIZIALE} + V_{HCl}$

$= 25.0 + 36.78 = 61.78\ mL$

AL PUNTO EQ. NH_3 TUTTO CONVERTITO IN NH_4^+

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

PH ACIDO PERCHE' IDROLISI DI NH_4Cl

$[H_3O^+]$

$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

PRIMA DEVO CONOSCERE $[NH_4^+]$

$M_{NH_4^+} = M_{NH_3} = 0.000386$ moli

$$[NH_4^+] = \frac{n_{NH_4^+}}{V_P} = \frac{0.000386}{61.78\,10^{-3}}$$

$$= 0.00625\ M$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a\,[NH_4^+]_0} = 1.86\,10^{-6}\ M$$

$[OH^-]$ EQUILIBRIO AUTO. H_2O

$$[OH^-] = K_w / [H_3O^+] = 5.38\,10^{-9}\ M$$

$[NH_4^+]$ LA CONSIDERO INVARIATA VEDI SOPRA

$$[NH_4^+] = 0.00625\ M$$

e) AL PUNTO EQ.

$$pH = -\log([H_3O^+])$$

$$= \underline{5.7}$$ DIPENDE DA NH_4^+

5

a) $NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

$K_b = 1.8\ 10^{-5} \quad [NH_3]_0 = 0.10\ M$

$[OH^-] = \sqrt{K_b\ [NH_3]_0}$

$= 0.00134\ M$

$pOH = 2.87 \qquad pH = 14 - pOH = 11.13$

b) AL PUNTO EQ. $n_{HCl} = n_{NH_3}$

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$

$K_a = K_w / K_b = 5.6\ 10^{-10}$

CALCOLIAMO $[NH_4^+]$

$n_{NH_4^+} = n_{NH_3} = [NH_3] \cdot V_1 = 0.10 \cdot 25\ 10^{-3}$

$= 0.0025$ moli

$V_F = V_{\text{AL PUNTO EQ.}} = V_1 + V_{HCl}$

VISTO CHE $[NH_3] = [HCl]$ OVVIO CHE PER AVERE LE STESSE MOLI DEVO AVER AGGIUNTO UN $V_{HCl} = V_1$

QUINDI:

$$V_F = V_1 + V_{HCl} = 25 + 25 = 50\ mL$$

$$[NH_4^+] = \frac{n_{NH_4^+}}{V_F} = \frac{0.0025}{50\ 10^{-3}}$$

$$= 0.05\ M$$

$$\therefore [H_3O^+] = \sqrt{K_a\ [NH_4^+]} = 5.3\ 10^{-6}\ M$$

$$pH = \underline{5.3}$$

c) A METÀ TITOLAZIONE

$$n_{HCl} = n_{NH_3}/2$$

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

QUINDI METÀ MOLI DI $NH_3 \rightarrow NH_4^+$

DA CUI $n_{NH_3} = n_{NH_4^+}$

QUINDI :

$$pH = pK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$= pK_a + \log \frac{n_{NH_3}/V_F}{n_{NH_4^+}/V_F}$$

$$= pK_a + \log(1) = pK_a$$

$$= 9.25$$

d) PUNTO EQ. $pH = 5.3$

ROSSO METILE

VERDE BROMO CRESOLO

e) CONSIDERIAMO SOLO DUE PUNTI

$V_{HCl} = 15$ mL

moli NH_3 di PARTENZA $= V_1 \cdot [NH_3]$

$= 25\,10^{-3} \cdot 0.1$

$= 2.5\,10^{-3}$ moli

moli HCl AGGIUNTE $= V_{HCl} \cdot [HCl]$

$= 15\,10^{-3} \cdot 0.1$

$= 1.5\,10^{-3}$ moli

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$n_{NH_3} = 2.5\,10^{-3} - 1.5\,10^{-3}$

$= 1.0\,10^{-3}$ moli

$n_{NH_4^+} = n_{HCl} = 1.5\,10^{-3}$ moli

$pH = pk_a + \log \frac{n_{NH_3}/V_F}{n_{NH_4^+}/V_F}$

$= pk_a + \log \frac{n_{NH_3}}{n_{NH_4^+}}$

$= 9.25 + \log \frac{1\,10^{-3}}{1.5\,10^{-3}} =$

$= 9.25 - 0.17 = \underline{9.08}$

$V_{HCl} = 30$ mL $\quad V_{HCl} > V_1$ VISTO CHE HO $[HCl] = [NH_3]$ OVVIO CHE $n_{HCl} > n_{NH_3}$ SONO DOPO IL PUNTO EQ.

$n_{NH_3} = [NH_3] \cdot V_1 = 0.10 \cdot 25\,10^{-3}$

$= 2.5\,10^{-3}$ moli

$n_{HCl} = [HCl] \cdot V_{HCl} = 0.10 \cdot 30\,10^{-3}$

$= 3.0\,10^{-3}$ moli

$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

CONVERTITA TUTTA NH_3 E RIMANE HCl IN ECCESSO

$n_{HCl\ RIMASTE} = n_{HCl} - n_{NH_3}$

$= 3.0\,10^{-3} - 2.5\,10^{-3}$

$= 0.5\,10^{-3}$ moli

$V_F = V_1 + V_{HCl} = 25 + 30 = 55$ mL

$[HCl] = n_{HCl} / V_F = \frac{5\,10^{-4}}{55\,10^{-3}} = 0.0091\,M$

$[H_3O^+] = [HCl] = 0.0091\ M$

$pH = 2.04$