

Dane:

ANALIT: HCl (mocny kwas)

$$C_{\text{HCl}} = 0,10 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$V_{\text{HCl}} = 20,00 \text{ cm}^3$$

↑ *miareczkowanie roztworem NaOH (TITRANT)*

$$C_{\text{NaOH}} = 0,10 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Szukane:

krzywa miareczkowania,
czyli zmiana pH roztworu
w zależności od dodanej ilości
titranta

Rozwiązanie:**PRZYPOMNIENIE:**

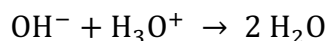
Krzywa miareczkowania

to graficzny obraz zmian odczynu roztworu, czyli zmiany stężenia jonów hydroniowych (H_3O^+) w roztworze zachodzących podczas miareczkowania roztworów mocnych kwasów roztworami mocnych zasad i odwrotnie;

krzywe te wykreślane są w układzie współrzędnych: na osi odciętych odłożona jest objętość roztworu miareczkującego (zobojętniającego), na osi rzędnych odłożona jest wartość pH roztworu w danym punkcie miareczkowania.

Założenie (prawdziwe dla mocnych kwasów i zasad): $\alpha = 1$ lub $K_a \rightarrow \infty$

w trakcie miareczkowania roztworu analizowanego roztworem NaOH zachodzi reakcja zobojętniania:



1. przed przystąpieniem do miareczkowania
w roztworze jedynie kwas solny, nie rozpoczęto dodawania titranta, czyli:

$$V_{\text{NaOH}}^0 = 0,00 \text{ cm}^3$$

wtedy: $[\text{H}_3\text{O}^+] = C_{\text{HCl}}$,

zatem:

$$\text{pH}^1 = -\log 0,10 = 1,00$$

2. przed punktem równoważnikowym, po dodaniu $V_{\text{NaOH}}^2 = 10,00 \text{ cm}^3$
czyli PK przed PR, roztwór niedomiareczkowany: $n_{\text{HCl}} > n_{\text{NaOH}}$

założenie upraszczające: $[H_3O^+] \gg [OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} \cong 0$

wtedy, zapisując w uproszczeniu H^+ zamiast H_3O^+ :

$$C_{H^+}^2 = \frac{n_{H^+}^{\text{po dodaniu } 10,00 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}}}{V_{\text{roztworu}}^{\text{po dodaniu } 10,00 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}}} = \frac{n_{HCl}^{\text{początkowa}} - n_{HCl}^{\text{przereagowane}}}{V_{HCl} + V_{NaOH}^2}$$

$$C_{H^+}^2 = \frac{C_{HCl} \cdot V_{HCl} - C_{NaOH} \cdot V_{NaOH}^2}{V_{HCl} + V_{NaOH}^2}$$

po podstawieniu danych i obliczeniach:

$$C_{H^+}^2 = \frac{1,00 \cdot 10^{-3}}{(20,00 + 10,00) \cdot 10^{-3}} = 3,33 \cdot 10^{-2}$$

zatem:

$$pH^2 = -\log 3,33 \cdot 10^{-2} = 1,48$$

3. w punkcie równoważnikowym, po dodaniu $V_{NaOH}^3 = 20,00 \text{ cm}^3$

$n_{H_3O^+} = n_{OH^-}$, a w przypadku tego miareczkowania również: $n_{HCl} = n_{NaOH}$

$$\frac{K_w}{[H_3O^+]} - [H_3O^+] = 0$$

$$pH^{PR} = -\log \sqrt{K_w} = 7,00$$

4. za punktem równoważnikowym, po dodaniu $V_{NaOH}^4 = 30,00 \text{ cm}^3$
czyli PK za PR, roztwór przemiareczkowany:

założenie upraszczające: $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} \gg [H_3O^+] \cong 0$

wtedy:

$$C_{OH^-}^4 = \frac{n_{OH^-}^{\text{po dodaniu } 30,00 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}}}{V_{\text{roztworu}}^{\text{po dodaniu } 30,00 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}}} = \frac{n_{NaOH}^{\text{dodane}} - n_{NaOH}^{\text{przereagowane}}}{V_{HCl} + V_{NaOH}^4}$$

$$C_{OH^-}^4 = \frac{C_{NaOH} \cdot V_{NaOH}^4 - C_{HCl} \cdot V_{HCl}}{V_{HCl} + V_{NaOH}^4}$$

po podstawieniu danych i obliczeniach:

$$C_{OH^-}^4 = \frac{1,00 \cdot 10^{-3}}{(20,00 + 30,00) \cdot 10^{-3}} = 2,00 \cdot 10^{-2}$$

zatem:

$$pOH^4 = -\log 2,00 \cdot 10^{-2} = 1,70 \text{ oraz } pH^4 = pK_w - pOH^4 = 12,30$$

Można wykreślić krzywą miareczkowania:

