

**Dane:**

$$C_{\text{HCl}} = 0,1655 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \Rightarrow \text{ANALIT, substancja analizowana}$$

$$V_{\text{HCl}} = 25,00 \text{ cm}^3$$

↓

$$V_{\text{NaOH}} = 0,1455 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \Rightarrow \text{TITRANT}$$

a)  $\delta = + 1,15 \%$

b)  $\delta = - 1,18 \%$

$$pK_w = 14,00$$

---

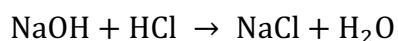
**Szukane:**

$$pH^{\text{PK}} = ? [\text{cm}^3]$$

---

**Rozwiązanie:**

1. w trakcie miareczkowania roztworu NaOH roztworem HCl zachodzi reakcja zobojętniania:



2. w punkcie równoważnikowym (PR) miareczkowania:

$$n_{\text{NaOH}}^{\text{PR}} = n_{\text{HCl}}$$

3. mamy do czynienia z dwoma mocnymi elektrolitami, zatem:

$$pH^{\text{PR}} = 7,00$$

4. ponieważ:

$$C = \frac{n}{V} \Rightarrow n = C \cdot V,$$

możemy zapisać:

$$C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}^{\text{PR}} = C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}$$

5. uwzględniając dane proszę obliczyć  $V_{\text{NaOH}}^{\text{PR}}$  z równania wyprowadzonego w punkcie 4

**ROZWIĄZANIE DLA PUNKTU a)**

6. dodatni błąd względny,  $\delta = + 1,15 \%$ , oznacza, że do roztworu HCl dodano nadmiar titranta (czyli roztwór HCl jest przemiareczkowany, zatem PK jest za PR, co również oznacza, że:  $n_{\text{HCl}} < n_{\text{NaOH}}^{\text{PK}}$ )

7. proponuję, by do wzoru z definicją błędu względnego:

$$\delta = \frac{\text{wartość przybliżona} - \text{wartość rzeczywista}}{\text{wartość rzeczywista}} \cdot 100 \%$$

podstawić odpowiednie objętości titranta, czyli NaOH, wtedy:

$$\delta = \frac{V_{\text{NaOH}}^{\text{PK}} - V_{\text{NaOH}}^{\text{PR}}}{V_{\text{NaOH}}^{\text{PR}}} \cdot 100 \%,$$

8. z równania otrzymanego w punkcie 7., po podstawieniu danych, proszę obliczyć:  $V_{\text{NaOH}}^{\text{PK}}$
9. odczyn roztworu po zakończeniu miareczkowania związany jest z obecnością jonów  $\text{OH}^-$  powstałych w wyniku dysocjacji nadmiaru titranta (NaOH), dlatego trzeba obliczyć stężenie jonów  $\text{OH}^-$  w roztworze po zakończeniu miareczkowania, czyli roztworze, który otrzymano w wyniku dodawania titranta do roztworu analizowanego:

$$C_{\text{OH}^-}^{\text{PK}} = \frac{n_{\text{OH}^-}^{\text{po zakończeniu miareczkowania}}}{V_{\text{roztworu}}^{\text{po zakończeniu miareczkowania}}} = \frac{n_{\text{NaOH}}^{\text{dodane do PK}} - n_{\text{NaOH}}^{\text{przereagowane}}}{V_{\text{HCl}} + V_{\text{NaOH}}^{\text{PK}}}$$

10. oczywiście:

$$n_{\text{NaOH}}^{\text{przereagowane}} = n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}$$

11. zatem, podstawiając zależność z punktu 10. do wyrażenia na  $C_{\text{OH}^-}$  z punktu 9. otrzymujemy:

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

12. po podstawieniu danych i wielkości obliczonych wcześniej proszę obliczyć  $C_{\text{OH}^-}^{\text{PK}}$  oraz  $\text{pOH}^{\text{PK}} = -\log[\text{OH}^-]$
13. a następnie proszę obliczyć:  $\text{pH}^{\text{PK}} = \text{pK}_w - \text{pOH}^{\text{PK}}$

### ROZWIĄZANIE DLA PUNKTU b)

14. ujemny błąd względny,  $\delta = -1,18 \%$ , oznacza, że do roztworu HCl dodano mniej titranta niż ilość równowagowa (czyli roztwór HCl jest niedomiareczkowany, czyli PK jest przed PR, co również oznacza, że:  $n_{\text{HCl}} > n_{\text{NaOH}}^{\text{PK}}$ )
15. postępując analogicznie jak pokazano w punktach 7.-9. proszę obliczyć:

$$C_{\text{H}^+}^{\text{PK}} = \frac{n_{\text{H}^+}^{\text{po zakończeniu miareczkowania}}}{V_{\text{roztworu}}^{\text{po zakończeniu miareczkowania}}} = \frac{n_{\text{HCl}}^{\text{początkowa}} - n_{\text{HCl}}^{\text{przereagowane}}}{V_{\text{HCl}} + V_{\text{NaOH}}^{\text{PK}}}$$

zauważając, że:

$$n_{\text{HCl}}^{\text{przereagowane}} = n_{\text{NaOH}}^{\text{PK}} = C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}^{\text{PK}}$$

16. następnie proszę obliczyć  $\text{pH}^{\text{PK}}$  jako  $-\log[\text{H}^+]$

Bardzo proszę pamiętać o podaniu odpowiedzi:

- a)  $\text{pH}^{\text{PK}} = \dots$   
 b)  $\text{pH}^{\text{PK}} = \dots$