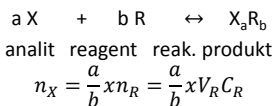


## Analizna kemija I

### 5. Titrimetrija

#### Titrimetrija

- Titrimetrijske metode analize so osnovane na ugotavljanju **porabe reagenta (titranta)**, ki je stehiometrijsko enakovreden množini določevane snovi (analita)



- Porabo reagenta lahko merimo z merjenjem **mase, volumna, naboja,...**
- Najpogosteje se uporabljajo **volumetrijske metode** – merimo volumen dodanega reagenta

#### Gravimetrijska titracija

- Merimo **maso** dodanega titranta
- Koncentracijo titranta izrazimo v masni molarnosti  $M_m$
- $M_m = \frac{\text{št. molov titranta (mol)}}{\text{masa raztopine (kg)}} = \frac{n_R}{m_{\text{razt.}}} \left( \frac{\text{mol}}{\text{kg}} \right)$
- 1 kapljica reagenta  $\approx 50 \mu\text{L} = 50 \text{ mg}$
- $\Delta m = 0,1 \text{ mg} = 0,1 \mu\text{L}$
- Prednost: merjenje mase  $\approx 500$  x bolj natančno od merjenja volumna

Kdaj lahko uporabimo titracijo?

- Pogoj za uporabo titrimetrije: hitra in stehiometrično znana reakcija med analitom in reagentom
- Reakcija mora biti kvantitativna (popolna) – velika ravnotežna konstanta  $K_t$ :

$$K_t = \frac{[X_a R_b]}{[X]^a [R]^b} > \frac{1 \times 10^6 (V_x + V_R)}{C_0}$$

- Napaka volumetrijske določitve:
  1. Napaka v poznavanju koncentracije reagenta,  $C_R$
  2. Napaka določitve končne točke titracije,  $V_r^e (m_r^e)$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Standardni reagenti

- **Standardni reagent** (raztopina): sledljiv do SI enota (masa, mol,...)
- **Primarni standard**: kemijsko čista in stabilna snov ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,...)
- **Standardizacija** – postopek, s katerim ugotovimo točno koncentracijo
- Standardizacijo najbolje izvedemo z direktnimi (primarnimi) tehnikami: gravimetrično (HCl), elektrogravimetrično ( $\text{Cu}^{2+}$ ), kulometrično,...
- Najhitrejša je titrimetrična standardizacija

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Standardni reagenti



**TraceCERT®** 

**Certificate**

**Analytic standard for AAS**

TraceCERT® Analytic standard for AAS  
 TraceCERT® Analytic standard for AAS  
 TraceCERT® Analytic standard for AAS

Element	1000 mg/L	4 mg/L
Element	100 mg/L	4 mg/L

1. CONCEPT OF CERTIFICATION AND TRACEABILITY STATEMENT

2. DOCUMENTATION OF THE ANALYSIS

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Lastnosti primarnega standarda

- Ne sme vsebovati nečistoč (< 0,01 %),
- Biti mora obstojen,
- Sestava se ne sme spreminjati na svetlobi ali pod vplivom atmosfere,
- Snov ne sme biti higroskopična in ne sme vsebovati kristalno vezane vode,
- Imeti mora dovolj visoko molsko (ekvivalentno maso),
- Biti mora enostavno dostopna in ne predraga,
- ...

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Idealna standardna raztopina

- Koncentracija se ne sme spreminjati skozi daljše časovno obdobje (nekaj mesecev),
- Standardizacija mora biti enostavna,
- Reakcija z analitom mora biti hitra in popolna (kvantitativna),
- Z določevano komponento mora reagirati v konstantnem in točno znanem stehiometričnem razmerju,
- Omogočati mora zanesljivo detekcijo končne točke titracije
- ...

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Določitev končne točke titracije

- **Ekvivalentna** točka: točka, pri kateri je množina dodanega reagenta (volumen standardne raztopine) **stehiometrično ekvivalentna** množini analita,
- Končna točka: eksperimentalno določena točka, kjer zaključimo titracijo,
- Razlika med **končno** točko titracije  $V_k$  in **ekvivalentno** točko  $V_e$ , se imenuje **napaka titracije**  

$$\Delta n_x = (V_k - V_e)C_R$$
- Končno točko titracije določimo eksperimentalno na osnovi kemijskih ali fizikalnih sprememb v raztopini: barva indikatorja, tvorba oborine, temperatura, tok,...

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Titracija




---

---

---

---

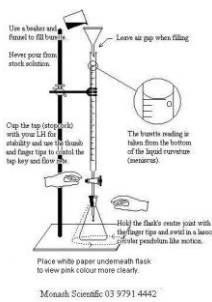
---

---

---

---

## Dodajanje titranta - birete




---

---

---

---

---

---

---

---

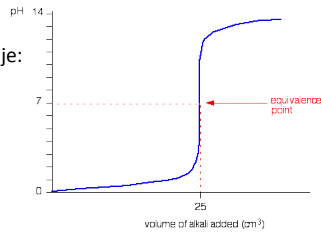
## Titracijska krivulja

- Ponazarja odvisnost merjene veličine (pH, pX, potencial, absorbanca,...) od volumna (mase) reagenta:  $pH = f(V_R)$

- Pri titraciji se volumen titrne raztopine povečuje:

$$\sum V = V_X + V_R$$

- Koncentracija titranta:  $C_X \leq C_R \leq 10 C_X$




---

---

---

---

---

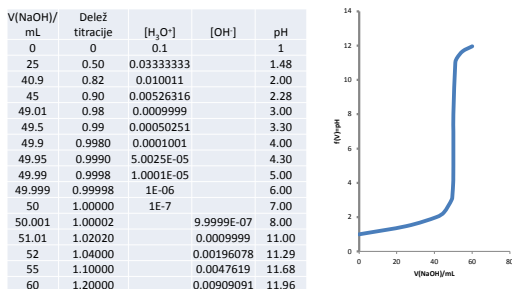
---

---

---

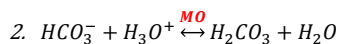
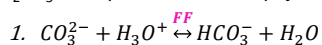
## Titracijska krivulja

- Titracija 50,0 mL 0,10 M HCl z 0,10 M NaOH

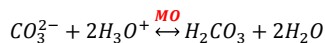


## Izračun rezultatov pri titracijah

- Titracija Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> s HCl poteka v dveh stopnjah



- Celokupna reakcija (1+2)



$$n_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{1}{2} \times n_{\text{H}_3\text{O}^+}, m_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{M_{\text{CO}_3^{2-}}}{2} \times V_{\text{HCl}} C_{\text{HCl}}$$

$$\text{Ekvivalentna masa } M_e = \frac{M}{a}$$

## Razdelitev titracijskih metod

Titracijske metode delimo glede na:

➤ Način titracije

- Direktne
- Povratne

➤ Naravo kemijske reakcije

- Obarjalne titracije
- Nevtralizacijske titracije
- Kompleksometrične titracije
- Oksidacijsko – redukcijske (redoks) titracije