

XVI Ogólnopolski Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2024/2025

ETAP III B – 05.04.2025 r. Godz. 12.00-15.00.



Zadanie laboratoryjne (20 pkt)

1. Wstęp

Woda stanowi około 70% powierzchni Ziemi (to morza, rzeki i oceany, ale również lodowce, podziemne źródła czy para wodna zgromadzona w atmosferze), ale chociaż jest jej tak dużo, to najczęściej jest niezdatna do picia. Woda to również główny składnik ciała człowieka (około 60 - 80% masy ciała). Najwięcej wody zawierają komórki mózgu i limfa, a najmniej szkliwo zębów. Według wielu źródeł człowiek powinien przyjmować 1,5 – 2 litrów wody dziennie.

Woda nie występuje w przyrodzie w postaci czystej chemicznie. Oprócz rozpuszczonych gazów, tj. dwutlenku węgla i tlenu zawiera także rozpuszczalne sole, których obecność jest przyczyną twardości wody. Twardość utożsamiana jest z zawartością w wodzie jonów wapnia i magnezu, chociaż może być wywołana obecnością innych kationów takich jak przykładowo: Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} i anionów jak: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Twardość wody wyraża się w stopniach twardości. Aby za pomocą jednej liczby wykazać łączną zawartość soli wapnia i magnezu, przelicza się ich zawartość na równoważną ilość tlenku wapnia CaO lub CaCO_3 . Twardość wody najczęściej wyraża się w dwóch różnych skalach:

- stopniach niemieckich ($^\circ\text{n}$ lub $^\circ\text{d}$)

Jeden stopień twardości niemiecki (1°n) oznacza ilość jonów wapnia i magnezu równoważną zawartości 10 mg CaO w 1 dm³ wody lub 17,86 mg CaCO_3 w 1 dm³ wody.

$$1^\circ\text{n} = 10,00 \text{ mg CaO} / 1 \text{ dm}^3 \text{ wody}$$

$$1^\circ\text{n} = 17,86 \text{ mg CaCO}_3 / 1 \text{ dm}^3 \text{ wody}$$

- stopniach francuskich ($^\circ\text{f}$)

Jeden stopień twardości francuski (1°f) odpowiada ilości jonów wapnia i magnezu równoważnej zawartości 10 mg CaCO_3 w 1 dm³ wody.

Typowa twardość wody użytkowej (kranowej) wynosi ok. 10°n . Woda poniżej 10°n jest uważana za miękką, zaś woda powyżej 20°n jest uważana za twardą.

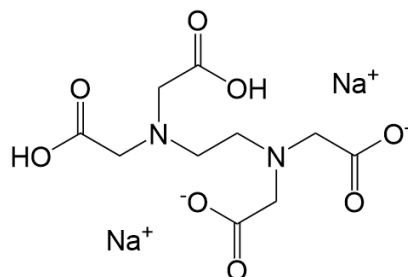
Człowiek wykorzystuje wody różnego pochodzenia: wody podziemne czy wody powierzchniowe, w których występują m. in.: makroskładniki takie jak: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Ocenę jakości wody można z powodzeniem wykonać z wykorzystaniem metod analizy miareczkowej.

2. Zadanie analityczne

2.1. Kompleksonometryczne oznaczenie łącznej zawartości jonów wapnia i magnezu

W kolbie miarowej o pojemności 250 cm³, oznaczonej **numerem stanowiska**, masz wodny roztwór **dwuskładnikowej** mieszaniny, zawierającej **jony Ca²⁺ i Mg²⁺**. Uzupełnij wydaną próbkę wodą destylowaną do kreski i dokładnie wymieszaj.

Z kolby pobierz pipetą 20,0 cm³ roztworu i przenieś ilościowo do kolby stożkowej o pojemności 250 cm³. Do kolby stożkowej dodaj również za pomocą pipety 2 cm³ roztworu HCl o stężeniu 0,01 M i ogrzej do wrzenia na palniku gazowym (**postępuj bardzo ostrożnie i zgodnie z instrukcjami Opiekunów zawodów**). Po ostudzeniu próbki dodaj z biurety znajdującej się na stanowisku zbiorczym (pod wyciągiem) 2 cm³ buforu amonowego o pH = 10, a następnie za pomocą cylindra 50 cm³ wody destylowanej oraz szczyptę czerni eriochromowej T i miareczkuj tak przygotowany roztwór mianowanym roztworem EDTA (wersenian disodowy, Na₂H₂edta (Na₂H₂Y), tzw. komplekson III, Rys. 1) o stężeniu 0,02 M do zmiany barwy z fioletowo-różowej na niebieską. Miareczkowanie powtórz jeszcze dwukrotnie. Odczyty wartości zużycia EDTA prowadź z dokładnością do 0,05 cm³ = 1 kropla roztworu.



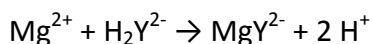
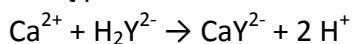
Rys. 1. Wersenian disodowy, oznaczony w zadaniu analitycznym jako EDTA.

Polecenia:

- 1) Oblicz średnią objętość zużytego do miareczkowania EDTA i wykorzystaj ją do obliczenia całkowitej liczby moli zawartości jonów wapnia i magnezu w analizowanym roztworze. EDTA reaguje z oznaczanymi metalami w stosunku molowym 1:1 (1 pkt).

$$n_{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} = V_{\text{sr, EDTA}} \cdot C_{\text{M, EDTA}}$$

- 2) Podaj, jakie reakcje zachodzą podczas miareczkowania próbki (1 pkt).



2.2. Kompleksometryczne oznaczenie zawartości jonów wapnia metodą miareczkowania bezpośredniego

Z kolby miarowej oznaczonej numerem stanowiska zawierającej jony wapnia i magnezu odmierz pipetą 20,0 cm³ badanego roztworu i przenieś ilościowo do kolby stożkowej o pojemności 250 cm³. Następnie dodaj za pomocą cylindra 20 cm³ 1 M roztworu NaOH i 50 cm³ wody oraz szczyptę wskaźnika - kalcesu do uzyskania barwy różowej. Miareczkuj roztworem EDTA o stężeniu 0,01 M (**Uwaga! Biuretę przepłukać dwukrotnie 0,01 M roztworem EDTA**) do zmiany zabarwienia z różowego na niebieskie. Miareczkowanie powtórz jeszcze dwukrotnie. Odczyty wartości zużycia EDTA prowadź z dokładnością do 0,05 cm³ = 1 kropla roztworu.

Polecenia:

- 1) Oblicz średnią objętość zużytego do miareczkowania EDTA i wykorzystaj ją do obliczenia liczby moli jonów wapnia w analizowanym roztworze (1 pkt).

$$n_{\text{Ca}^{2+}} = V_{\text{śr, EDTA}} \cdot C_{\text{M, EDTA}}$$

2.3. Wyznaczenie zawartości jonów magnezu**Polecenia:**

- 1) Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń 2.1. i 2.2. oblicz liczbę moli jonów magnezu w analizowanym roztworze (1 pkt).

$$n_{\text{Mg}^{2+}} = n_{\text{Ca}^{2+}} + n_{\text{Mg}^{2+}} - n_{\text{Ca}^{2+}}$$

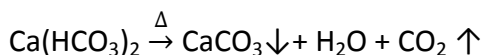
- 2) Oblicz, masę (w mg) jonów wapnia (6 pkt) i jonów magnezu (6 pkt) w 250 cm³ próbki otrzymanej do badań.

$$m_{\text{Ca}^{2+}} = n_{\text{Ca}^{2+}} \cdot M_{\text{Ca}} \cdot 250 \text{ cm}^3 / 20 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{Mg}^{2+}} = n_{\text{Mg}^{2+}} \cdot M_{\text{Mg}} \cdot 250 \text{ cm}^3 / 20 \text{ cm}^3$$

- 3) Wyjaśnij pojęcie twardość węglanowa wody. Zapisz zachodzące reakcje podczas gotowania wody (2 pkt).

Twardość węglanowa – wynika z zawartych w wodzie jonów wapnia i magnezu występujących w postaci wodorowęglanów – Ca(HCO₃)₂ i Mg(HCO₃)₂. Twardość węglanowa nazywana jest twardością przemijającą, ponieważ w czasie gotowania wody następuje rozkład wodorowęglanów i strącanie osadów trudno rozpuszczalnych węglanów.



- 4) Oblicz twardość całkowitą wody w stopniach niemieckich (°n), wiedząc, że w 5 dm³ wody znajduje się 40 mg CaCl₂ oraz 80 mg MgCl₂ (2 pkt).

Przykładowe rozwiązanie:

M CaCl₂ = 110,98 g/mol

M MgCl₂ = 95,20 g/mol

1 mol CaCl₂ ---- 110,98 g CaCl₂

x ---- 0,04 g

x = 3,6 · 10⁻⁴ mol CaCl₂

1 mol MgCl₂ ---- 95,20 g MgCl₂

y ---- 0,08 g

y = 8,4 · 10⁻⁴ mol MgCl₂

Suma moli jonów Ca²⁺ i Mg²⁺ n = 1,2 · 10⁻³ mol

56,08 g CaO ---- 1 mol CaO

z ---- 1,2 · 10⁻³ mol

z = 0,0673 g = 67,3 mg CaO

twardość: 67,3 mg CaO / 5 dm³ = 13,46 mg CaO / dm³ = 1,35 °n

Uwaga!

- ✓ Oszczędnie gospodaruj roztworami – dodatkowe ilości nie są przewidziane.
- ✓ Opis rozwiązania prowadź starannie i czytelnie. Prace nieczytelne mogą mieć obniżoną punktację!
- ✓ Pamiętaj o konieczności zachowania zasad bezpieczeństwa w trakcie wykonywania analiz!

Czas trwania zawodów: 180 min

Masy molowe [g/mol]:

Ca – 40,08; Mg – 24,30; Cl – 35,45; O – 16,00; C – 12,01

PUNKTACJA ZADANIA: 20 pkt