

## Chemia analityczna – ćwiczenia (kurs CHC0143c)

### REDOKSYMETRIA

- Wzór Nernsta. Krzywe miareczkowania redoks. Kierunek reakcji redoks. Wskaźniki.
- Jak zmieni się potencjał elektrody platynowej zanurzonej w roztworze, w którym stężenia jonów  $Mn^{2+}$ ,  $MnO_4^-$  oraz  $H^+$  wynoszą  $0,10 \text{ mol/dm}^3$ , jeżeli:
  - stężenie jonów  $Mn^{2+}$  zmaleje 10 razy,
  - stężenie jonów  $MnO_4^-$  zmaleje 10 razy,
  - stężenia obu wymienionych wyżej jonów zmaleją 10 razy,
  - stężenie jonów  $H^+$  zmaleje 10 razy.
$$E_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = 1,51 \text{ V}$$
- Przy jakim stężeniu jonów wodorowych potencjały utleniające podanych reakcji półkowych byłyby identyczne?
 
$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O \quad E_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 = 1,51 \text{ V}$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad E_{Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}}^0 = 1,33 \text{ V}$$

Stężenia wszystkich jonów (poza  $H^+$ ) są równe  $1,00 \text{ mol/dm}^3$ .

Odp.  $1,4 \cdot 10^4 \text{ mol/dm}^3$
- Drut miedziany zanurzono w roztworze, w którym  $[Cu^{2+}] = 0,0100$ ,  $[Fe^{2+}] = 0,200$ , a  $[Fe^{3+}] = 0,0400 \text{ mol/dm}^3$ . Czy zachodzi samorzutnie reakcja:  $2Fe^{2+} + Cu^{2+} = 2Fe^{3+} + Cu$ ? Oblicz jej stałą równowagi  $K_c$ . Jak będzie dla reakcji odwrotnej?
 
$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^0 = 0,771 \text{ V} \quad E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,337 \text{ V} \quad \text{Odp. } K_c = 2,13 \cdot 10^{-15}$$
- Zmieszano  $30,00 \text{ cm}^3$  roztworu  $Fe^{3+}$  o  $c = 0,100 \text{ mol/dm}^3$  i  $70,0 \text{ cm}^3$   $0,0250 \text{ M}$   $SnCl_2$ . Jaka liczność jonów  $Fe^{3+}$  pozostanie w roztworze po ustaleniu się równowagi?
 
$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^0 = 0,771 \text{ V} \quad E_{Sn^{4+}/Sn^{2+}}^0 = 0,150 \text{ V} \quad \text{Odp. } 2,34 \cdot 10^{-13} \text{ mol}$$
- Nadmiar metalicznego cynku dodano do  $0,200 \text{ M}$  roztworu soli miedzi(II). Oblicz wartość stałej równowagi reakcji oraz stężenie jonów  $Cu^{2+}$  w stanie równowagi.
 
$$\ln(10) \cdot RT/F = 0,05916 \quad E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,763 \text{ V} \quad E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,337 \text{ V}$$

Odp.  $K_c = 1,54 \cdot 10^{37}$ ;  $[Cu^{2+}] = 1,30 \cdot 10^{-38}$
- Która z poniższych reakcji przebiega podczas roztwarzania srebra w rozcieńczonym  $HNO_3$ :
 
$$2Ag + 2H^+ = 2Ag^+ + H_2 \quad E_{Ag^+/Ag}^0 = 0,7994 \text{ V} \quad E_{2H^+/H_2}^0 = 0,0000 \text{ V}$$

$$3Ag + 4H^+ + NO_3^- = 3Ag^+ + NO + 2H_2O \quad E_{NO_3^-/NO}^0 = 0,96 \text{ V}$$
- Obliczyć potencjał redoks w punkcie równoważności podczas miareczkowania w środowisku kwaśnym ( $[H^+] = 1,00 \text{ mol/dm}^3$ )  $20,00 \text{ cm}^3$  roztworu jonów  $Fe^{2+}$  roztworem manganianu(VII) potasu.
 
$$E(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,771 \text{ V} \quad E(MnO_4^-/Mn^{2+}) = 1,51 \text{ V}$$
- Zmiareczkowano w środowisku kwaśnym ( $[H^+] = 1,00 \text{ mol/dm}^3$ )  $30,00 \text{ cm}^3$  roztworu jonów  $Sn^{2+}$  roztworem bromianu(V) potasu o stężeniu  $0,0500 \text{ mol/dm}^3$ . Obliczyć potencjał redoks w punkcie równoważności.
 
$$E(Sn^{4+}/Sn^{2+}) = 0,150 \text{ V} \quad E(BrO_3^-/Br^-) = 1,42 \text{ V}$$
- Próbkę rudy żelaza o masie  $1,5380 \text{ g}$  roztopiono w kwasie, zredukowano ilościowo żelazo do stopnia utlenienia +2 i zmiareczkowano zużywając  $43,50 \text{ cm}^3$   $0,04000 \text{ M}$   $KMnO_4$ . Oblicz procentową zawartość żelaza w rudzie.
 

Odp.  $31,59\%$
- Zawartość tlenu w wodzie oznacza się jodometrycznie metodą pośrednią wykorzystując właściwości jonów manganu:
 
$$2Mn^{2+} + 4OH^- = 2Mn(OH)_2$$

$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO(OH)_2$$

$$MnO(OH)_2 + 2I^- + 4H^+ = Mn^{2+} + I_2 + 3H_2O$$

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2I^-$$

Obliczyć zawartość tlenu w próbce wody ( $\text{mg/dm}^3$  i  $\text{dm}^3 \text{ O}_2/\text{dm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ ), jeśli na zmiareczkowanie jodu wydzielonego w  $100,00 \text{ cm}^3$  próbki zużyto wobec skrobi  $3,15 \text{ cm}^3$   $0,02000 \text{ M}$   $Na_2S_2O_3$ .

Odp.  $3,53 \text{ cm}^3 \text{ O}_2/\text{dm}^3$
- Jaka objętość  $0,02000 \text{ M}$   $KMnO_4$  jest niezbędna do zmiareczkowania  $20,00 \text{ cm}^3$   $0,04000 \text{ M}$  roztworu  $FeSO_4$  w  $1,0 \text{ M}$   $H_2SO_4$ ?
 

Odp.  $8,000 \text{ cm}^3$
- Analiza jodometryczna miedzi ( $Cu^{2+}$ ,  $I^- \rightarrow CuI$ ,  $I_2$ ), w roztworze zawierającym  $0,3407$  g próbki zużywa  $35,66 \text{ cm}^3$   $0,1004 \text{ M}$   $Na_2S_2O_3$ . Oblicz zawartość miedzi w próbce.
 

Odp.  $66,78\%$
- Próbkę o masie  $2,9500 \text{ g}$  zawierającą  $Na_2C_2O_4$ ,  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  i domieszki rozpuszczono i rozcieńczono do  $100,00 \text{ cm}^3$ . Na zmiareczkowanie  $25,00 \text{ cm}^3$  tego roztworu zużyto  $25,00 \text{ cm}^3$   $0,1080 \text{ M}$   $NaOH$  ( $H_2C_2O_4 + 2OH^- \rightarrow C_2O_4^{2-} + 2H_2O$ ). Na kolejne  $25,00 \text{ cm}^3$  analizy zużyto po zakwaszeniu  $49,42 \text{ cm}^3$   $0,02080 \text{ M}$   $KMnO_4$ . Oblicz zawartości procentowe  $Na_2C_2O_4$  i  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  w próbce.
 

Odp.  $22,16\% \text{ Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;  $23,08\% \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- $0,5697 \text{ g}$  próbkę rudy roztopiono,  $Fe^{3+}$  zredukowano do  $Fe^{2+}$  i zmiareczkowano roztworem  $K_2Cr_2O_7$ , którego każdy  $\text{cm}^3$  odpowiada  $1,000\%$  żelaza w rudzie. Jakie jest stężenie molowe roztworu  $K_2Cr_2O_7$ ?
 

Odp.  $0,01700 \text{ mol/dm}^3$
- Nadtlenek wodoru oznacza się przez miareczkowanie roztworem  $KMnO_4$ . Próbkę roztworu o objętości  $10,00 \text{ cm}^3$  rozcieńczono wodą do  $100,00 \text{ cm}^3$ . Z tego roztworu pobrano  $20,00 \text{ cm}^3$  zakwaszono kwasem siarkowym i zmiareczkowano zużywając  $32,85 \text{ cm}^3$  roztworu  $KMnO_4$ , którego  $23,41 \text{ cm}^3$  odpowiada  $0,1683 \text{ g}$   $Na_2C_2O_4$ . Jaka objętość  $O_2$  wydzielila się w trakcie miareczkowania?
 
$$(H_2O_2, MnO_4^-, H^+ \rightarrow O_2, Mn^{2+}, H_2O)$$

Odp.  $39,47 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$

17. Próbkę meteorytu o masie  $m = 1,0000$  g rozтворzono w atmosferze azotu (dla uniknięcia utlenienia  $\text{Fe}^{2+}$ ) w kwasie:  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ , a następnie zmiareczkowano używając (ciągle w atmosferze obojętnej)  $30,00 \text{ cm}^3$   $0,02500 \text{ M}$   $\text{KMnO}_4$ . Obliczyć:
- zawartość procentową  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  w meteorycie.
  - jaka objętość roztworu nadmanganianu potasu została użyta w metodzie Zimmermanna-Reinhardta (całość żelaza przeprowadza się w  $\text{Fe}^{2+}$  i miareczkuje)?  
Odp. a–86,82%; b–90,00  $\text{cm}^3$
18. Jakie jest stężenie molowe manganu(II) w roztworze, jeśli na zmiareczkowanie  $25,00 \text{ cm}^3$  tego roztworu w środowisku obojętnym w obecności zawiesiny  $\text{ZnO}$  zużywa się  $37,36 \text{ cm}^3$   $0,02020 \text{ M}$   $\text{KMnO}_4$ ? (Obie formy manganu przechodzą wówczas w  $\text{MnO}_2$ ) ( $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2$ ,  $\text{H}^+$ )  
Odp.  $0,04528 \text{ mol/dm}^3$
19. Oblicz masę antymonu w roztworze, jeśli na zmiareczkowanie  $50,00 \text{ cm}^3$  tego roztworu, zakwaszonego kwasem solnym, zużyto  $14,52 \text{ cm}^3$   $0,03125 \text{ M}$   $\text{KBrO}_3$ . ( $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Br}^-$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )  
Odp.  $165,7 \text{ mg}$
20.  $50,00 \text{ cm}^3$   $0,09600 \text{ M}$  roztworu  $\text{FeSO}_4$  miareczkowano  $0,01600 \text{ M}$  roztworem  $\text{KBrO}_3$  w środowisku kwaśnym ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Miareczkowanie zakończono, gdy potencjał półogniwa żelazowego ( $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ) osiągnął wartość  $+0,910 \text{ V}$ . Oblicz względny błąd miareczkowania. Potencjał w punkcie równowagowym wynosi  $+1,35 \text{ V}$ .  $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,771 \text{ V}$   
Odp.  $-0,442\%$
21.  $25,00 \text{ cm}^3$   $0,1136 \text{ M}$   $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  miareczkowano  $0,04646 \text{ M}$   $\text{KMnO}_4$  w roztworze o stałym  $\text{pH}=0,96$  i osiągnięto punkt końcowy po dodaniu  $24,60 \text{ cm}^3$  roztworu manganianu(VII). Obliczyć a) potencjał półogniwa:  $\text{Pt}/\text{H}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_4^-$  w punkcie końcowym miareczkowania, b) błąd względny miareczkowania.  
 $E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,561 \text{ V}$   $\text{RT}/\text{F} \cdot \ln(10) = 0,05916 \text{ V}$  Odp.  $E = 1,444 \text{ V}$ ;  $+0,61\%$
22. Podczas oznaczania azotanów(III) metodą cerometryczną, badany roztwór zawierający około  $0,35 \text{ g}$   $\text{NaNO}_2$  wiano powoli do  $50,00 \text{ cm}^3$  roztworu soli  $\text{Ce}^{4+}$  o stężeniu  $0,3000 \text{ mol/dm}^3$  ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ). Nadmiar soli ceru(IV) zmiareczkowano roztworem soli Mohra ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Jakie powinno być stężenie roztworu soli Mohra, aby w miareczkowaniu można było użyć biurety o pojemności  $25,00 \text{ cm}^3$ ? (Zużyta objętość roztworu powinna wynosić około  $0,8$  pojemności biurety).  
Odp.  $0,24 \text{ mol/dm}^3$
23. Do miareczkowania pobrano  $25,00 \text{ cm}^3$   $0,1840 \text{ M}$  roztworu  $\text{FeSO}_4$ . Miareczkowanie zakończono po dodaniu  $31,30 \text{ cm}^3$   $0,02420 \text{ M}$  roztworu  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Stężenie jonów wodorowych w obu roztworach wynosiło  $1,00 \text{ mol/dm}^3$ . Oblicz błąd względny miareczkowania oraz potencjał układu w punkcie końcowym.  
 $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,771 \text{ V}$   $E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = +1,30 \text{ V}$   
Odp.  $-1,2\%$ ;  $+0,884 \text{ V}$
24.  $50,00 \text{ cm}^3$   $0,1036 \text{ M}$  roztworu  $\text{Sb}^{3+}$  miareczkowano za pomocą  $0,1043 \text{ M}$   $\text{KBrO}_3$  ( $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{H}^+ = \text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) w roztworze o stałym  $\text{pH}=0,00$ . Obliczyć potencjał układu w punkcie końcowym miareczkowania przy założeniu, że popełniono błąd względny  $+0,42\%$ .  
 $E^0(\text{Sb}^{5+}/\text{Sb}^{3+}) = 0,565 \text{ V}$   $E^0(\text{BrO}_3^-/\text{Br}^-) = 1,441 \text{ V}$   $\text{RT}/\text{F} \cdot \ln 10 = 0,05916 \text{ V}$   
Odp.  $1,418 \text{ V}$
25.  $50,00 \text{ cm}^3$   $0,05000 \text{ M}$  roztworu  $\text{FeSO}_4$  miareczkowano  $0,01600 \text{ M}$  roztworem  $\text{KBrO}_3$  w środowisku kwaśnym ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). wobec ferroiny jako wskaźnika. Zmiana barwy ferroiny w środowisku kwaśnym zachodzi przy potencjale  $0,947 \text{ V}$ . Obliczyć potencjał w punkcie równoważności oraz błąd względny miareczkowania.  
 $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,771 \text{ V}$   $E^0(\text{BrO}_3^-/\text{Br}^-) = 1,42 \text{ V}$   
Odp.  $-0,1\%$
26. Próbkę  $0,0500 \text{ M}$  roztworu siarczynu(VI) żelaza(II) o objętości  $50,00 \text{ cm}^3$  miareczkowano  $0,1000 \text{ M}$  roztworem  $\text{KIO}_3$ . Oba roztwory zawierały kwas siarkowy(VI) o stężeniu  $1,0 \text{ mol/dm}^3$ . Oblicz względny błąd miareczkowania, jeżeli jako wskaźnika użyto sól sodową kwasu difenyloaminosulfonowego. Zmiana barwy tego wskaźnika następuje przy potencjale  $0,850 \text{ V}$ . Potencjał w punkcie równowagowym wynosi  $1,06 \text{ V}$ .  
 $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,674 \text{ V}$   $E^0(\text{IO}_3^-/\text{I}^-) = 1,08 \text{ V}$   $\text{RT}/\text{F} \cdot \ln 10 = 0,05916 \text{ V}$   
Odp.  $-0,1 \%$
27.  $25,00 \text{ cm}^3$   $0,1221 \text{ M}$  roztworu  $\text{KNO}_2$  miareczkowano  $0,2255 \text{ M}$  roztworem  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  ( $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}^+$ ). Miareczkowanie zakończono po dodaniu  $26,85 \text{ cm}^3$  tytrantu. Oblicz potencjał układu w punkcie końcowym, jeżeli  $\text{pH}$  roztworu w tym punkcie wynosi  $2,00$ .  
 $E^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-) = 0,940 \text{ V}$   $E^0(\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}) = 1,691 \text{ V}$   $\text{RT}/\text{F} \cdot \ln 10 = 0,05916 \text{ V}$   
Odp.  $0,883 \text{ V}$
28.  $25,00 \text{ cm}^3$  roztworu soli żelaza(II), otrzymanego przez rozтворzenie  $0,1428 \text{ g}$  najczystszej żelaza w rozcieńczonym kwasie siarkowym(VI), miareczkowano za pomocą  $0,02045 \text{ M}$   $\text{KMnO}_4$  do chwili, gdy potencjał półogniwa  $\text{Pt}/\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  osiągnął wartość  $E = +0,908 \text{ V}$ . Stężenie jonów wodorowych wynosiło  $1,00 \text{ mol/dm}^3$ . Obliczyć objętość roztworu  $\text{KMnO}_4$  zużyta podczas miareczkowania. Potencjał w punkcie równoważnikowym wynosi  $+1,39 \text{ V}$ .  
 $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,771 \text{ V}$   $\text{RT}/\text{F} \cdot \ln 10 = 0,05916 \text{ V}$   $\text{Fe} - 55,845$   
Odp.  $24,89 \text{ cm}^3$
29. Próbkę  $\text{NaNO}_2$  o masie  $0,1210 \text{ g}$  rozpuszczono w wodzie, zakwaszono i miareczkowano mianowanym roztworem  $\text{KMnO}_4$  o stężeniu  $0,02004 \text{ mol/dm}^3$ . Miareczkowanie zakończono po dodaniu  $35,40 \text{ cm}^3$  tytrantu. Obliczyć względny błąd miareczkowania oraz potencjał, przy którym zakończono miareczkowanie, jeżeli  $\text{pH}$  roztworu wynosiło  $1,000$ .  $E^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-) = 0,940 \text{ V}$   $E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}$

RT/F·ln(10) = 0,05916 V      NaNO<sub>2</sub> – 68,997

Odp. +1,1% ; 1,39 V

30. Do mieszaniny manganianu(VII) potasu i chromianu(VI) potasu o masie 0,1600 g dodano po zakwaszeniu nadmiar jodku potasu ( $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Wydzielony jod zmiareczkowano używając 42,38 cm<sup>3</sup> 0,09863 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Obliczyć procentową zawartość składników w mieszaninie.      Odp. K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>: 34,05%; KMnO<sub>4</sub>: 65,95%
31. Próbkę rudy arsenu o masie 0,1604 g rozтворzono w kwasie i wytrącono arsen jako siarczek arsenu(III). Osad ten zadano 50,00 cm<sup>3</sup> 0,04000 M KMnO<sub>4</sub> ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Nadmiar nieprzereagowanego KMnO<sub>4</sub> odmiareczkowano, używając (środoewisko kwaśne) 18,24 cm<sup>3</sup> 0,1000 M FeSO<sub>4</sub>. Obliczyć procentową zawartość arsenu w rudzie.      Odp. 27,28%
32. Próbkę chromitu o masie 0,5018 g stopiono z Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, rozтвор po wylugowaniu stopu zakwaszono a zawarty w nim dichromian(VI) potasu zadano 2,7905 g FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Na odmiareczkowanie nadmiaru jonów Fe(II) zużyto 25,20 cm<sup>3</sup> 0,01605 M KMnO<sub>4</sub>. Obliczyć zawartość procentową chromu w chromicie.      Odp. 27,68%
33. Próbkę technicznego K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> o masie 0,3524 g, gotowano z nadmiarem stężonego rozтворu HCl, a wydzielający się chlor pochłonięto w rozтворze KI. Na zmiareczkowanie wydzielonego jodu zużyto 18,21 cm<sup>3</sup> rozтворu tiosiarczanu sodu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (wobec skrobi jako wskaźnika) o stężeniu 0,3270 mol/dm<sup>3</sup>. Obliczyć procentową zawartość K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> w próbce.      Odp. 82,85%
34. Naważkę pyłu spawalniczego o wilgotności 6,46% poddano suszeniu w temperaturze 110°C, a otrzymaną próbkę o masie 0,4646 g przeprowadzono do rozтворu w celu oznaczenia zawartości chromu(VI). Rozтвор zakwaszono, dodano nadmiar KI, a wydzielony jod ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) odmiareczkowano wobec wskaźnika skrobiowego używając 24,06 cm<sup>3</sup> 0,1109 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Obliczyć procentową zawartość chromu w wilgotnej próbce pyłu.      Odp. 9,350 %
35. 2,500 g próbki zawierającej As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Na<sub>2</sub>HAsO<sub>3</sub> i substancje obojętne przeprowadzono do rozтворu i uregulowano pH za pomocą wodorowęglanu sodu. Na zmiareczkowanie arsenianu(III) ( $\text{H}_2\text{AsO}_3^-$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HAsO}_4^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+$ ) zużyto 11,30 cm<sup>3</sup> 0,1500 M rozтворu I<sub>2</sub>. Otrzymany w wyniku miareczkowania rozтвор zakwaszono, dodano nadmiar jodku potasu ( $\text{HAsO}_4^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{AsO}_3^-$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) i stwierdzono, że wyniku reakcji powstało 2,472 mmol jodu. Obliczyć zawartość procentową (% wag.) As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Na<sub>2</sub>HAsO<sub>3</sub> w badanej próbce.      Odp. 3,57 %; 11,52 %
36. Próbkę KNO<sub>2</sub> o masie 9,4680 g, zawierającą zanieczyszczenia obojętne, rozpuszczono otrzymując 500,0 cm<sup>3</sup> rozтворu. Do dalszej analizy pobrano 25,00 cm<sup>3</sup> tego rozтворu, zakwaszono i dodano 21,60 cm<sup>3</sup> 0,1030 M KMnO<sub>4</sub>. Rozтвор dokładnie wymieszano, a nadmiar KMnO<sub>4</sub> odmiareczkowano używając 10,65 cm<sup>3</sup> 0,1020 M Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Obliczyć zawartość KNO<sub>2</sub> w próbce w % wag.      Odp. 80,46 %
37. Próbkę stali o masie 4,000 g, zawierającą mangan, rozтворzono w kwasie, a mangan utleniono do MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Po usunięciu nadmiaru substancji utleniającej rozтвор zakwaszono i dodano 0,7236 g stałego FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Nadmiar jonów Fe<sup>2+</sup> odmiareczkowano używając 1,600 cm<sup>3</sup> 0,0625 M K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Obliczyć zawartość procentową manganu w stali.      Odp. 0,550 %
38. Próbkę 2,054 g rozтворu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> umieszczono w kolbie miarowej o pojemności 100,00 cm<sup>3</sup>, a następnie, po dopełnieniu do kreski, do analizy pobrano 25,00 cm<sup>3</sup> rozтворu. Po zakwaszeniu dodano 50,00 cm<sup>3</sup> rozтворu KMnO<sub>4</sub> o stężeniu 0,08126 mol/dm<sup>3</sup> ( $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Nadmiar KMnO<sub>4</sub> odmiareczkowano używając 10,85 cm<sup>3</sup> 0,1020 M Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Obliczyć stężenie procentowe rozтворu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.      Odp. 59,96 %
39. Próbkę soli o masie 0,1143 g, zawierającej chlorek baru(II) i domieszki obojętne, rozpuszczono w wodzie i wytrącono jodan(V) baru(II). Osad po odsączeniu rozpuszczono w kwasie siarkowym(VI) i do rozтворu dodano nadmiar jodku potasu ( $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Wydzielony jod odmiareczkowano w obecności skrobi jako wskaźnika za pomocą 0,1047 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, używając 35,15 cm<sup>3</sup> titranta. Obliczyć procentową (% wag.) zawartość chlorku baru(II) w próbce soli.      Odp. 55,87 %
40. Próbkę rudy żelaza o masie 1,5593 g, zawierającej 18,64% wag. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> przeprowadzono do rozтворu i zredukowano jony żelaza(III) do Fe(II). Jaką objętość rozтворu KMnO<sub>4</sub> zużyto w manganometrycznym oznaczeniu Fe<sup>2+</sup> w tym rozтворze (w środowisku kwaśnym), jeżeli na utlenienie 0,2174 g H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O (w środowisku kwasu siarkowego) potrzebne jest 34,25 cm<sup>3</sup> tego samego rozтворu KMnO<sub>4</sub>?  
M(H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)=126,06      Odp. 36,15 cm<sup>3</sup>
41. Do 25,00 cm<sup>3</sup> rozтворu jonów Cu<sup>2+</sup> dodano nadmiar jodku potasu ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{I}^- \rightarrow \text{CuI}$ ,  $\text{I}_2$ ), a wydzielony jod odmiareczkowano wobec wskaźnika skrobiowego używając 23,45 cm<sup>3</sup> rozтворu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Obliczyć stężenie molowe jonów Cu<sup>2+</sup> w analizowanym rozтворze wiedząc, że na zmiareczkowanie jodu wydzielonego z 0,1123 g KIO<sub>3</sub> ( $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) potrzeba 31,90 cm<sup>3</sup> tego samego rozтворu Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.  
M(KIO<sub>3</sub>)=213,995      Odp. 0,09258 M
42. Do preparatu chlorku miedzi(I) o masie 0,4065 g dodano nadmiar jonów Fe<sup>3+</sup>. Na zmiareczkowanie jonów Fe<sup>2+</sup> powstałych w wyniku reakcji ( $\text{CuCl}$ ,  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) zużyto 34,05 cm<sup>3</sup> 0,01948 M K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Obliczyć procentową zawartość chlorku miedzi(I) w preparacie.  
CuCl - 98,999      Odp. 96,92%

43. Próbkę rudy chromu o masie 0,2580 g stopiono z  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , wyługowano wodą i zakwaszono. Do otrzymanego w ten sposób dichromianu(VI) dodano  $52,00 \text{ cm}^3$   $0,1023 \text{ M}$  roztworu siarczanu(VI) żelaza(II). Nadmiar soli żelaza(II) odmiareczkowano zużywając  $13,53 \text{ cm}^3$  roztworu  $\text{KMnO}_4$  o stężeniu  $0,02088 \text{ mol/dm}^3$ . Obliczyć procentowe stężenie chromu w rudzie (% wag.)

Cr - 51,996

Odp. 26,25%

44. Z  $500,0 \text{ cm}^3$  wody gruntowej ( $d=1,011 \text{ g/cm}^3$ ) wytracono jony  $\text{Ca}^{2+}$  w postaci  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ . Otrzymany osad po przemyciu roztworzono w rozcieńczonym  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i zmiareczkowano  $26,20 \text{ cm}^3$   $0,02210 \text{ M}$   $\text{KMnO}_4$ . Obliczyć zawartość wapnia w wodzie gruntowej w ppm.

Ca- 40,078

Odp. 114,8 ppm

45. W celu oznaczenia miana roztworu tiosiarczanu sodu, rozpuszczono w wodzie naważkę  $0,2019 \text{ g}$  dichromianu (VI) potasu, roztwór zakwaszono kwasem siarkowym(VI) i dodano nadmiar jodku potasu ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{I}^-, \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+}, \text{I}_2, \text{H}_2\text{O}$ ). Na odmiareczkowanie wydzielonego jodu zużyto  $36,45 \text{ cm}^3$  roztworu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Obliczyć stężenie molowe roztworu tiosiarczanu sodu.

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - 294,19$

Odp.  $0,1130 \text{ M}$

---

#### Zadania do samodzielnego rozwiązania:

3, 6, 11, 17, 21, 23, 26, 29, 31, 34, 38, 42, 44, 45