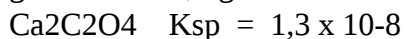


IMA- Zbirka nalog iz analizne kemije za biokemike

RAVNOTEŽJA

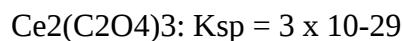
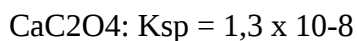
1. Zmešamo 50 ml 0,025 M raztopine AgNO₃ in 26 ml 0,025 M K₂Cr₂O₇. Izračunajte koncentracijo Ag⁺ v končni raztopini !
K_{sp} Ag₂CrO₄ = 1,2 · 10⁻¹².
Rez. 1,2 x 10⁻⁵ mol/L)
2. Izračunajte p vrednosti za vse ione v raztopinah: 0,3 M Na₂CO₃ in 0,015M NaHCO₃!
3. Izračunajte p vrednosti za vse ione v raztopini, ki je 0,020 M glede na NaCl in 0,0054 M glede na HCl!
4. Izračunajte koncentracijo OH⁻, pri kateri je topnost Zn(OH)₂ najmanjša!
K_{sp} Zn(OH)₂ = 1,2 x 10⁻¹⁷ K_fZn(OH)₄²⁻ = 0,13
Rez.: [OH⁻] = 9,8x10⁻⁵
5. Izračunajte topnost ZnC₂O₄ (g/L) v raztopini s pH 3!
ZnC₂O₄ ==> Zn²⁺ + C₂O₄²⁻ K_{sp} = 7.5 x 10⁻⁹
K_{b1} = 1.8 x 10⁻¹⁰
K_{b2} = 1.8 x 10⁻¹³
6. Izračunajte koncentracijo Ca (izrazite jo s pCa) v raztopini, ki jo dobimo, če zmešamo 100 ml 0,1000 M raztopine Ca²⁺ in 100 ml 0,1000 M raztopine EDTA pri pH 8!
α = 0,35, K_f = 5,01.10¹⁰
Rez: pCa= 5,77
7. Izračunajte topnost CaF₂ v vodni raztopini, katere pH je 3!
pK_{sp} = 10,41, pK_a = 3,17
Rez.: [Ca²⁺] = 3,9x10⁻⁴M
8. Za kolikokrat se poveča topnost BaSO₄ v raztopini s koncentracijo H₃O⁺ 2,0 M glede na vodno raztopino?
K_{a2} (H₂SO₄) = 1,2 x 10⁻³
Rez.: 41 krat
9. Računsko prikažite, ali je mogoča ločitev z obarjanjem z OH⁻ Fe³⁺ in Mg²⁺!
Koncentraciji obeh ionov sta 0,1 M.
K_{sp}Fe(OH)₃ = 4 x 10⁻³⁸ K_{sp} Mg(OH)₂ = 1,8 x 10⁻¹¹
Rez.: [Fe³⁺] kvant. izločen pri [OH⁻] = 1,6x10⁻¹¹ mol/L, začetek obarjanja [Mg²⁺] pri [OH⁻] = 1,3x10⁻⁵ mol/L)

10. Ali lahko izvedemo 99% ločitev Ca^{2+} in Ce^{3+} z oksalatom iz raztopine, ki vsebuje 0,4 g/L Ca^{2+} in 1,4 g/L Ce^{3+} ionov?



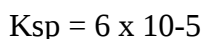
Rez.: Ločitev je možna!

11. Ali lahko izvedemo 99% ločitev Ca^{2+} in Ce^{3+} iz njunih 0,01 M raztopin z obarjanjem z $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$?



Rez.: Ločitev je možna

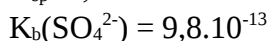
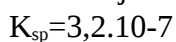
12. Ali se bo oboril AgBrO_3 , če zmešamo enaka volumna 0,001 M AgNO_3 in 0,02 M KBrO_3 ?



Rez.: oborine ne bo!

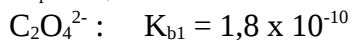
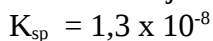
13. Napišite enačbi za masno bilanco in elektronevtralnost v nasičeni raztopini SrSO_4 !

Izračunajte koncentracijo Sr^{2+} pri pH 2,5 !



Rez.: $[\text{Sr}^{2+}] = 6,5 \times 10^{-4} \text{ M}$

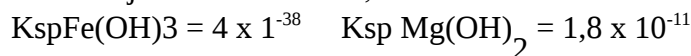
14. Izračunajte topnost CaC_2O_4 pri pH 2,5 !



Rez: $8,92 \times 10^{-4} \text{ M}$

15. Napišite enačbi masne bilance in elektronevtralnosti za vodno raztopino $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$!

16. Računsko prikažite, ali je mogoča ločitev z obarjanjem z OH^- Fe^{3+} in Mg^{2+} ?
Koncentraciji obeh ionov sta 0,1 M.



Rez: $[\text{Fe}^{3+}]$ kvant. Izločen pri $[\text{OH}^-] = 1,6 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$, začetek obarjanja $[\text{Mg}^{2+}]$ pri $[\text{OH}^-] = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

PUFRI

1. Koliko vsake od naslednjih substanc moramo raztopiti v 100 ml vode, da bo raztopina reagirala alkalno na fenolftalein?

a) NH_3 , b) NaHCO_3

$$K_{NH_3} = 1,86 \times 10^{-5} \quad K_{H_2CO_3} = 4,6 \times 10^{-7}$$
$$K_{HCO_3^-} = 4,4 \times 10^{-11}$$

2. Kako pripravimo 250 ml puferske raztopine s pH 4,50 iz 0,2000 M raztopine CH_3COONa in 0,3000 M raztopine CH_3COOH ?

$$K_a = 1,77 \times 10^{-4}$$

$$\text{Rez.: } V_{CH_3COO^-} = 113,4 \text{ ml} \quad V_{CH_3COOH} = 136,4 \text{ ml}$$

3. Izračunajte molarno razmerje med bazo in njeno konjugirano kislino, oziroma kislino in njeno konjugirano bazo v raztopinah s pH = 9,80 za naslednje primere (a) NH_3 , NH_4Cl , (b) HCN , $NaCN$

$$K_a = 2,1 \times 10^{-9}$$

$$K_b = 1,75 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rez.: } n_{NH_3}/n_{NH_4Cl} = 3,61, \quad n_{HCN}/n_{NaCN} = 0,075$$

4. Imamo puferske zmesi, ki smo jih pripravili iz NH_3 in NH_4Cl enakih koncentracij (0,05 M) v razmerjih 1:3, 3:1 in 1:1. K_b amoniaka je $1,8 \times 10^{-5}$. Kakšne bodo vrednosti pH nastalih raztopin?

$$\text{Rez.: } a) \text{ pH} = 8,78, \quad b) \text{ pH} = 9,73, \quad c) \text{ pH} = 9,26$$

5. Kakšen je pH puferskih raztopin, ki jih dobimo, če zmešamo 50,00 ml 0,200 M NaH_2PO_4 z: a) 50,00 ml 0,120 M HCl in b) 50,00 ml 1,120 M $NaOH$!

$$K_1 = 7,11 \times 10^{-3} \quad K_2 = 6,34 \times 10^{-8} \quad K_3 = 4,2 \times 10^{-13}$$

$$\text{Rez.: } a) \text{ pH} = 1,97, \quad b) \text{ pH} = 7,37$$

6. Izračunajte pH raztopine, ki nastane z mešanjem 20,0 ml 0,2000 M etanojske (ocetne) kisline z a) 25 ml vode b) 25 ml 0,2 M $NaOH$!

$$K_a = 1,75 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Rez.: } a) \text{ pH} = 2,91, \quad b) \text{ pH} = 12,35$$

7. Koliko g NH_4Cl in koliko ml 3,0 M $NaOH$ moramo raztopiti v 200 ml destilirane vode, da bomo po razredčenju na 500 ml dobili raztopino s pH 9,5, s koncentracijo soli (NH_4Cl) 0,1 M? $K_b(NH_3) = 1,75 \cdot 10^{-5}$

$$\text{Rez.: } m_{NH_4Cl} = 13,13, \text{ g}$$

8. pH 0,10 M raztopine etilamina ($R-NH_2$) je 11,80. Izračunajte K_b za etilamin! Izračunajte pH 0,1 M raztopine etilamonijevega klorida!

$$\text{Rez.: } \text{pH} = 5,31$$

9. Izračunajte pH 0,1 M raztopine Na_2CO_3

$$H_2CO_3 : K_1 = 4,6 \times 10^{-7}, \quad K_2 = 4,4 \times 10^{-11}$$

10. Izračunajte pH 0,04 M H_2SO_4 ! ($K_2 = 1,2 \times 10^{-3}$)

$$\text{Rez.: } \text{pH} = 1,33$$

11. Izračunajte pH mešanice 0,120 M HCl in 0,080 M enobazne šibke kisline

(HA: $K_a = 1.0 \cdot 10^{-4}$).

Rez: $\text{pH} = 0,92$ ($[A^-] \ll 0,120$)

25 ml zgornje mešanice dodamo 29,0 ml 0,100 M NaOH. Izračunajte pH dobljene raztopine!

Rez: $\text{pH} = 2,92$ ($C_{\text{HCl}} = 1,85 \cdot 10^{-3}$; $c_{\text{HA}} = 3,70 \times 10^{-2}$)

12. Izračunajte pH in pufersko kapaciteto raztopine, ki je 0,4 M glede na mravljinčno kislino in 0,6 M glede na Na formiat! ($K_a = 1,77 \times 10^{-4}$)

Rez.: a) $\text{pH} = 3,93$ b) $X = 0,338$ c) $X = 0,469$

13. pH krvi je 7,40. Izračunajte razmerje koncentracij HPO_4^{2-} in H_2PO_4^- v krvi!

$K_1 = 1,1 \cdot 10^{-2}$, $K_2 = 7,5 \cdot 10^{-8}$, $K_3 = 4,8 \cdot 10^{-13}$

Rez.: 1,9

14. Koliko g NaHCO_3 moramo dodati k 4,00 g K_2CO_3 , da dobimo po razredčenju na 500 ml raztopino s pH 10,80? ($K_1 = 4,45 \cdot 10^{-7}$, $K_2 = 4,69 \cdot 10^{-11}$)

Rez.: 0,822 g

15. Koliko ml 0,800 M KOH moramo dodati k 3,38 g oksalne kisline, da dobimo po razredčenju na 500 ml raztopino s pH 2,40?

$K_{a1} = 5,60 \cdot 10^{-2}$ $K_{a2} = 5,42 \cdot 10^{-5}$

Rez.: 43,8 ml

16. Katera od naslednjih baz je najprimernejša za pripravo pufra s pH 9,00? Zakaj?

amoniak NH_3

$K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}$

anilin $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$

$K_b = 3,99 \cdot 10^{-10}$

hidrazin H_2NNH_2

$K_b = 3,00 \cdot 10^{-6}$

piridin $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}$

$K_b = 1,69 \cdot 10^{-9}$

17. Koncentracija raztopine A je 0,050 M/L HF, in raztopine B 0,050 M/L NH_3 .

a) Izračunajte pH raztopine, ki jo dobimo, če zmešamo 20,0 ml raztopine A in 14 ml raztopine B!

b) Izračunajte pH raztopine, ki jo dobimo, če zmešamo 20 ml raztopine B in 14 ml raztopine A!

$K_a = 6,8 \cdot 10^{-4}$ $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}$

Rez. a) $\text{pH} = 3,54$ b) $\text{pH} = 8,88$

18. Kolikšen je delež nedisociiranega NaOH v 1 M raztopini? ($K_b = 0,20$)

Rez.: 64,2%

19. Izračunajte pH raztopine, ki jo pripravimo z raztapljanjem 1,23 g 2-nitrofenola v 0,250 L vode!

$M = 139,110$ $K_a = 6,2 \times 10^{-8}$

Rez. $\text{pH} = 4,33$

20. Kako pripravimo pufer s pH 5 iz 0,500 M raztopine oetne kisline ($K_a = 1,75 \times 10^{-5}$) in 0,426 M raztopine NaOH?
Rez. $V(\text{CH}_3\text{COOH})/V(\text{NaOH}) = 1,34$

21. Izračunajte pH v 0,1000 M raztopini NaHCO_3 ! ($K_1 = 4,45 \times 10^{-7}$, $K_2 = 4,7 \times 10^{-11}$)

22. Izračunajte pH raztopine, ki nastane z mešanjem 50 ml 0,001 M raztopine CH_3COOH in 10 ml 0,001 M raztopine NaOH! ($K_a = 1,75 \times 10^{-5}$)
Rez.: pH = 8,34

23. Koliko g NaH_2PO_4 , ($M=120$ g/mol) in Na_2HPO_4 , ($M=142$ g/mol) potrebujemo za pripravo 1 L pufirske raztopine s pH 7,45 z ionsko močjo 0,1000?
 $K_{a1} = 1,1 \cdot 10^{-2}$, $K_{a2} = 7,5 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3} = 4,8 \cdot 10^{-13}$
Rez: 1,6 g/L NaH_2PO_4 , 4,1 g Na_2HPO_4 /L

24. Koliko g NH_4Cl in koliko ml 3,0 M NaOH moramo raztopiti v 200 ml destilirane vode, da bomo po razredčenju na 500 ml dobili raztopino s pH 9,5, s koncentracijo soli (NH_4Cl) 0,1 M? $K_b\text{NH}_3 = 1,75 \cdot 10^{-5}$
Rez. : m $\text{NH}_4\text{Cl} = 13,13$, g

25. Za koliko se spremeni pH raztopine, če dodamo k 100 ml raztopine, ki vsebuje 0,2 mol. NaCH_3COO in 0,2 mola CH_3COOH , 2 ml 1,0 M HCl. Končni volumen raztopine je 100 ml. ($K_a = 1,75 \times 10^{-5}$)
Rez. : $\Delta \text{pH} = -0,009$

26. Koliko mL 0,1000 M HCl in koliko g Na-acetata dihidrata potrebujemo, da pripravimo 250 ml pufra s pH 5,00 in ionsko jakostjo 0,100 M ?

27. Izračunajte pH in koncentraciji $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$ in $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}_2^+$ v 0,03 M raztopini dietilamina!
($K_b = 4,7 \times 10^{-10}$)!
Rez.: pH = 8,57 $[(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}] = 0,03$ M $[(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}_2^+] = 3,8 \times 10^{-6}$ M

28. Koliko mL 0,1000 M HCl in koliko g Na-acetata dihidrata potrebujemo, da pripravimo 250 ml pufra s pH 5,00 (pri 5°C) in ionsko jakostjo 0,100 M ?
 $\text{p}K_w(5^\circ\text{C}) = 14,734$
 $\text{p}K_a(5^\circ\text{C}) = 4,77$
 $N_a = 23$
Rez.: 2,95 g Na- acetata , 92,7 ml HCl

29. Koliko ml 0,421 M HCl moramo dodati k 50,0 ml 0,055 M dinatrijevega malonata – Na_2A (sol malonske kisline), da bo imela raztopina pH a) 6,00 in b) 3,2?
Malonska kislina (H_2A) - $\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CO}_2\text{H}$:
 $\text{p}K_1 = 2,847$, $\text{p}K_2 = 5,696$
Rez.: a) 2,2 ml b) 8,5 ml

TITRACIJE

1. Karl Fischer-jev reagent (KFR) standardiziramo s titracijo znane množine vode, ki jo dodamo v metanol. 25,00 ml KFR reagira z 34,61 ml metanola, ki je vseboval 4,163 mg H₂O/ml. Za titracijo 25 ml »čistega« metanola porabimo 3,18 ml KFR. Za titracijo suspenzije 1 g kristalohidrata v 25 ml metanola porabimo 38,12 ml KFR. Izračunajte utežni % vode v kristalohidratu!

Rez.: 24,4%

2. 50,00 ml 0,1000 M raztopine šibke kisline titriramo z 0,1000 M raztopino NaOH. Po dodatku 30 ml baze je bil pH raztopine 4,92. Izračunajte disociacijsko konstanto šibke kisline!

Rez: $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$

3. V vzorcu, ki vsebuje sečnino (NH₂)₂CO določujemo N po Kjeldahlu. Zatehtamo 0,20000 g vzorca, ga raztopimo in po redukciji destiliramo NH₃ v 50,00 ml 0,05000 M H₂SO₄. Presežno kislino titriramo z 0,05 M NaOH. Pri titraciji porabimo 3,40 ml reagenta. Izračunajte % sečnine v vzorcu!

C= 12 g/mol, N=14 g/mol

Rez.: 72,51%

4. Izračunajte pH raztopine, če smo pri titraciji 25,0 ml 0,1000 M maleinske kisline z 0,1000 M NaOH dodali 50,0 ml 0,1 M NaOH! ($K_1 = 1,5 \times 10^{-2}$, $K_2 = 2,6 \times 10^{-7}$)

5. Za titracijo 100,00 ml enobazne šibke kisline porabimo 27,63 ml 0,09381 M NaOH. pH v ekvivalentni točki je 10,99. Izračunajte pH po dodatku 19,47 ml NaOH v 100 ml raztopine kisline!

6. Za določitev % proteinov v moki moramo % N pomnožiti z 5,7. 0,909 g vzorca pšenične moke analiziramo po Kjeldalovem postopku. NH₃ destiliramo v 50 ml 0,0506 M HCl. Za retitracijo porabimo 7,46 ml 0,0491 M NaOH. Izračunajte % proteinov v moki!

7. Vzorec tehničnega NaOH, ki je bil več dni izpostavljen na zraku analiziramo. Zatehtamo 188,5 mg vzorca, ga raztopimo in titriramo. Če uporabimo kot indikator fenol ftalein porabimo 39,19 ml 0,1065 M HCl, če pa uporabimo metil oranž pa porabimo za titracijo enake množine vzorca 40,65 ml kisline. Ugotovite sestavo vzorca!

8. V vzorcu je možna prisotnost Na₂CO₃, NaHCO₃ ali NaOH. Za titracijo 50 ml vzorca porabimo 22,1 ml 0,1000 M HCl, če uporabimo kot indikator fenolftalein in 48,4 ml iste kisline, če uporabimo kot indikator metil oranž. Določite sestavo raztopine!

9. Koliko % CH₃COOH je v 3,000 g vzorca, ki porabi 20,5 ml 0,1150 M NaOH pri titraciji na fenolftalein?

10. Koliko g 55% NaOH moramo zatehtati, da pri titraciji porabimo 42,5 ml HCl? Za titracijo 50 ml iste HCl porabimo 49,2 ml 0,5212 M NaOH.

11. 25 ml raztopine KCl titriramo z raztopino AgNO₃, ki vsebuje 4,5 g AgNO₃ v 250 ml. Porabimo 23,25 ml reagenta.

Izračunajte koncentracijo raztopine KCl (M/L) b) Maso KCl v 1 litru raztopine

Naštejte indikatorje, ki smo jih uporabili pri obarjalnih titracijah!

12. Raztopino KMnO₄ standariziramo z Na₂C₂O₄. Za 0,2528 g Na₂C₂O₄ porabimo 40,41 ml KMnO₄. Izračunajte molarnost KMnO₄! Napišite reakcije!

13. Za določevanje klorida v trdnih vzorcih uporabljamo Fajansovo metodo. Kakšna mora biti koncentracija titrne raztopine, da bo pri 250 mg zatehti vsak ml porabljene titrne raztopine ustrezal % Cl v vzorcu?

Ag = 107,9 Cl = 35,5

14. Preparat, ki ga uporabljamo za zmanjšanje kožnega vnetja, je mešanica železovega in cinkovega oksida. 1,022 g vzorca suhega preparata raztopimo v kislini in razredčimo na 250 ml. 10 ml alikvotu dodamo KF (za maskiranje železa). Po uravnavanju pH raztopino titriramo in porabimo 38,71 ml 0,01294 M EDTA. Drugi alikvot (50 ml) titriramo z 0,002727 M raztopino ZnY²⁻. Pri titraciji porabimo 2,40 ml reagenta.

Izračunajte % ZnO in Fe₂O₃ v vzorcu! Upoštevajte, da tvori EDTA z Fe³⁺ ioni stabilnejši kelat kot s Zn²⁺! (M (Fe) = 55,8 g/mol, M(Zn) = 65,4 g/mol)

Rez: % ZnO = $m_{\text{ZnO}}/m_{\text{vz}} \cdot 100\% = 99,74\%$ %Fe₂O₃ = $m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}/m_{\text{vz}} \cdot 100\% = 0,26\%$

15. V vzorcu krvi določujemo koncentracijo N. 1,246 g vzorca dodamo 25 ml koncentrirane H₂SO₄, 10 g K₂SO₄ in 0,1 g Se ter raztopino 3 ure segrevamo pri temperaturi vrelišča. Vzorec razredčimo na 250 ml ter naalkalimo z 50 ml 50% NaOH. Mešanico destiliramo ter NH₃ uvajamo v 50 ml 4% HBO₂ (gostota = 1). Kislino titriramo z 0,1065 M HCl in porabimo 37,65 ml. Izračunajte % N v vzorcu!

Rez.: 4,51% N

16. Za določitev končne točke pri titraciji moramo za spremembo barve indikatorja dodati 0,03 ml presežka reagenta. Izračunajte relativno napako, če pri titraciji porabimo a) 5 ml in b) 25 ml titranta!

Rez.: a) 0,6%, b) 0,12%

17. V vzorcu, ki vsebuje sečnino (NH₂)₂CO določujemo N po Kjeldahlu. Zatehtamo 0,20000 g vzorca, ga raztopimo in po redukciji destiliramo NH₃ v 50,00 ml 0,05000 M H₂SO₄. Presežno kislino titriramo z 0,05 M NaOH. Pri titraciji porabimo 3,40 ml reagenta. Izračunajte % sečnine v vzorcu!

C = 12, N = 14

Rez: 72,45%

ELEKTROKEMIJA

1. Izračunajte potencial raztopine, ki jo dobimo, če zmešamo 5,0 ml 0,1 M Ce^{4+} in 5,0 ml 0,3 M raztopine Fe^{2+} ! ($E^{\circ} \text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+} = 0,771 \text{ V}$)

Rez.: 0,735 V

2. Izračunajte potencial srebrove elektrode v raztopini, ki je nasičena z AgCl in v kateri je aktivnost Cl^- točno 11

$E_{\text{Ag}/\text{AgCl}} = 0,799 \text{ V}$ $K_{\text{sp}} = 1,82 \times 10^{-10}$

Rez.: 0,222V

3. Izračunajte koncentracijo Ag^+ ionov po dodatku 15,0 ml 0,1 M AgNO_3 v 50 ml 0,08 M KSCN in izračunajte potencial Ag elektrode proti SCE pri teh pogojih!

$K_{\text{sp}} = 1,1 \times 10^{-12}$ $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,799 \text{ V}$

4. Pri štiridesetkratnem razredčenju raztopine KCNS se je spremenil potencial SCN^- ionoselektivne elektrode za 80 mV. Za koliko bi se spremenil potencial, če bi raztopino razredčili dvajsetkrat?

Rez.: $\Delta E = 65 \text{ mV}$

5. Z ionoselektivno elektrodo določujemo koncentracijo F^- . Raztopina je $1 \cdot 10^{-4}$ glede na F^- in 0,1 glede na NaNO_3 . Koncentracijo odčitamo iz umeritvene krivulje, ki smo jo pripravili s čistimi raztopinami F^- koncentracij od 10^{-5} do 10^{-3} .

Ali je odčitana koncentracija pravilna? Trditev utemelji!

Zakaj merimo pri določevanju F^- v pH območju med 5 in 7?

6. V čašo smo odmerili 25 ml vzorca s koncentracijo F^- $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$. Odčitani potencial je bil 60 mV. Nato smo dodali 1 ml $1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ raztopine F^- . Za koliko bi se spremenil potencial elektrode pri 25°C , če bi se elektroda obnašala idealno?

7. Izračunajte elektrodni potencial polčlena : $\text{Cd}/\text{Cd}(\text{OH})_2$ (nas), H^+ pri pH 11!

Potencial izrazite glede na nasičeno kalomelovo elektrodo ($E_{\text{SCE}} = 0,242 \text{ V}$)!

$K_{\text{sp}} \text{Cd}(\text{OH})_2 = 5,9 \times 10^{-15}$, $E^{\circ} (\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}) = -0,403 \text{ V}$

8. Perkloratno ionoselektivno elektrodo pomočimo v 50 ml raztopine z neznano koncentracijo ClO_4^- . Izmerimo potencial 358,7 mV vs SCE. Če dodamo v to raztopino 1,00 ml 0,050 M NaClO_4 , se potencial spremeni za 12,6 mV. Izračunajte koncentracijo ClO_4^- v vzorcu! Predpostavite teoretsko strmino elektrode!

9. Fluoridna ionoselektivna elektroda reagira tudi na La^{3+} ione! Za koliko se bo spremenil potencial elektrode, če jo iz $2,36 \times 10^{-4} \text{ M}$ raztopine $\text{La}(\text{ClO}_4)_3$ damo v $4,44 \times 10^{-3} \text{ M}$ $\text{La}(\text{ClO}_4)_3$?

Zakaj reagira elektroda na La^{3+} ione?

Rez.: $\Delta E = -25,1 \text{ mV}$

10. V teflonsko posodo zatehtamo 0,050 g standardnega vzorca, ki vsebuje 1,520 % fluorida. Po razklopu izperemo raztopino v 100 ml merilno bučko in dopolnimo do oznake. 50 ml te raztopine odmerimo v čašo in dodamo 50 ml pufra (TISAB). Napetost, ki jo izmerimo z ionoselektivno elektrodo, je 48,3 mV. Nato dodamo 10 ml 1,0.10⁻³M raztopine fluoridnega iona in ponovno izmerimo napetost, ki se spremeni za 15,3 mV. Določite pravilnost postopka, če je strmina elektrode pri teh pogojih 59,0 mV!

Rez. Rel napaka: -22,4%

11. 2,05 g vzorca, ki vsebuje F⁻ raztopimo v H₂O ter razredčimo na 50 mL. Potencial F⁻ ionoselektivne elektrode je 62,5 mV. Nato dodamo 5,00 mL 2,5 x 10⁻⁴ M standardne raztopin. Odčitani potencial je 42,7 mV. Za določitev naklona umeritvene krivulje uporabimo standardne raztopine F⁻ ionov. Podatki so naslednji:

2,5x 10⁻⁵ M 95 mV

2,5x 10⁻⁴ M 39 mV

2,5x 10⁻³ M -17 mV.

Izračunajte % KF v vzorcu!

K.....39 F.....19

12. Pri katerem katodnem potencialu se bo začel izločati baker, če je koncentracija Cu²⁺ ionov 0,01 M in koncentracija EDTA 1 x 10⁻³ (pH = 11)?

E_o = 0,377 V K_{st.} = 6,3 x 10¹⁸

13. Želimo ločiti Bi, Cu, Ag iz raztopine, ki je 0,0800 M glede na BiO⁺, 0,242 M glede na Cu²⁺, 0,106 M glede na Ag in 1,00 glede na HClO₄.

Ali lahko ločitev izvedemo?

Določite potencialno območje za izločitev posamezne komponente!

Določite potencial, ki je potreben za kvantitativno izločitev tretjega iona po ločitvi prvih dveh! E_o Bi = 0,32 V, E_o Cu = 0,337 V, E_o = 0,792 V

14. Izračunajte katodni potencial, ki je potreben za popolno redukcijo Co(II) iz 0,100M raztopine EDTA pri pH 7! Začetna koncentracija Co(II) je 0,01 M.

K_f = 2,0 x 10¹⁶, (Y⁴⁻ pri pH 7) = 5,0 x 10⁻⁴

15. Ione, ki reagirajo z Ag⁺ lahko elektrogravimetrično določujemo z njihovim izločanjem na anodi iz srebra.

Ag(trd.) + X⁻ -----> AgX(trd.) + e

Kolikšna bo masa anode po elektrolizi 75,0 ml 0,0238 M KSCN, če je bila začetna masa 12,4638 g?

16. Izračunajte potencial, pri katerem se bo na elektrodi pričel izločati AgBr iz 0,1 M raztopine Br⁻!

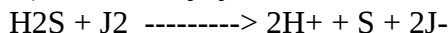
Ag⁺ + e -----> Ag(trd.) E_o = 0,799 V

ESCE = 0,241 V K_{sp} AgBr = 5,0 x 10⁻¹³

17. Izračunajte potencial, ki je potreben za kvantitativno ločitev Zn in Cd iz raztopine, ki je približno 0,25 M glede na oba iona. Potencial podajte glede na SCE!

$$E_0 \text{ Zn}^{2+}/\text{Zn} = -0,76 \text{ V} \quad E_0 \text{ Cd}^{2+}/\text{Cd} = -0,40 \text{ V} \quad E_{\text{SCE}} = 0,242 \text{ V}$$

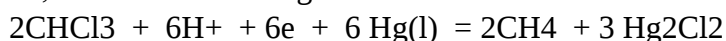
18. H₂S v vzorcu vode smo določili z elektrolizno generiranim jodom. V 50 ml alikvot vzorca smo dodali 3 g KJ ter kontrolirali jakost toka med kulometrično titracijo ($i = 0,00731 \text{ A}$). Čas titracije je bil 9,2 min. Izračunajte koncentracijo H₂S v vzorcu (v 1 litru vzorca)



Rez.: $4,18 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$

19. Pri potencialu -1,0 V (vs SCE) CCl₄ v metanolu reduciramo do kloroforma na Hg katodi:
 $2\text{CCl}_4 + 2\text{H}^+ + 2e + 2\text{Hg(l)} = 2 \text{CHCl}_3 + 2\text{Hg}_2\text{Cl}_2$

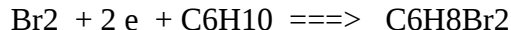
Pri -1,80 V kloroform reagira do metana:



0,750 g vzorca, ki vsebuje CCl₄ in CHCl₃ ter inertno snov smo raztopili v metanolu in elektrolizirali pri -1,0 V do toka 0. Izmerjena elektrenina je bila 11,63 Cb. Nato smo nadaljevali z redukcijo pri -1,80 V. Potrebni je bilo nadaljnjih 44,24 Cb. Izračunajte % CCl₄ in CHCl₃ v vzorcu!

Rez.: $w \text{ CHCl}_3 = 0,52\%$ $w(\text{CCl}_4) = 2,47\%$

20. 2,000 ml vzorca, ki vsebuje 0,6113 mg cikloheksena kulometrično titriramo:



Koliko časa bo trajala titracija pri toku 4,825 mA?

Kako ugotovimo končno točko titracije?

21. V vzorcu določujemo dopamin z elektrokemijsko metodo. Za vzorec izmerimo jakost toka 34,6 nA. Nato zmešamo 2,00 ml raztopine, ki vsebuje 0,0156 M dopamina z 90 ml vzorca in raztopino razredčimo na 100 ml. Izmerjena jakost toka je 58,4 nA.

Izračunajte koncentracijo dopamina v vzorcu!

V kakšno skupino elektrokemijskih metod spada uporabljena metoda?

Rez.: $3,96 \times 10^{-4} \text{ M}$

22. Potencial fluoridne ionoselektivne elektrode v $1,00 \times 10^{-5} \text{ M}$ raztopini je +0,1300 V vs SCE. V 100 ml te raztopine dodamo toliko trdenga NaF, da se potencial spremeni na +0,0120 V vs SCE. Koliko mg NaF smo dodali?

$$F = 19, \quad \text{Na} = 23$$

Rez: 4,158 mg

SPEKTROSKOPSKE METODE

1. Logaritem molarne absorpcijskega koeficienta za aceton v etanolu je pri 366 nm 2,75. V kakšnem koncentracijskem območju bo v 1,5 cm kiveti prepustnost (T) za aceton med 10 in 90%?

Rez.: od $1,19 \times 10^{-3}$ do $5,43 \times 10^{-5}$ M

2. V vzorcih, ki vsebujejo od 1-2% Ti, želimo spektrofotometrično določati Ti. Molarni absorpcijski koeficient za Ti kompleks s H₂O₂ je pri 410 nm 720. Kolikšna mora biti zatehta vzorca, da bo pri uporabi 1 cm kivete in razredčitvi vzorca na 50 ml izmerjena absorbanca za vzorec s koncentracijo Ti v sredini pričakovanega koncentracijskega intervala optimalna (0,43)?

Narišite shemo spektrofotometra!

3. 150 mg vzorca jekla raztopimo v 50 mL 4 M HNO₃, ogljik oksidiramo z amonijevim peroksodisulfatom ter raztopino razredčimo na 100 ml. Nato odmerimo 20 ml raztopine in Mn oksidiramo s KJO₄. Izmerjena absorbanca raztopine vzorca je 0.452. Na enak način pripravimo standardni vzorec, ki vsebuje 0.234% Mn. Izmerjena absorbanca za raztopino standarda je 0.479. Izračunajte % Mn v vzorcu jekla! Napišite reakcijo oksidacije ter navedite območje absorbance, v katerem bo napaka najmanjša!

4. Raztopina, ki vsebuje 1,00 mg železa (kot tiocianatni kompleks) v 100 ml, prepušča 70% svetlobe. Kakšen bo delež prepuščene svetlobe, če koncentracijo raztopine povečamo štirikrat?

5. Raztopina, ki vsebuje 1,00 mg železa (kot tiocianatni kompleks) v 100 ml, prepušča 70% svetlobe. Kakšen bo delež prepuščene svetlobe, če koncentracijo raztopine povečamo štirikrat?

6. Pri določevanju thiamina (vitamin B) v vzorcu smo pomotoma na instrumentu namesto absorbance odčitali prepustnost. Za prvi vzorec smo izmerili prepustnost 82,2% in za drugi 50,7%. Izračunajte koncentracijsko razmerje thiamina v vzorcih!

Rez: $C_1/C_2 = 0,289$

7. V vzorcu petroleja spektrofotometrično določamo Co. 4,97 g vzorca smo razkrojili ter razredčili na 500 ml. Uporabili smo tehniko standardnega dodatka, pri čemer smo uporabili 25 ml alikvote vzorca. Izračunajte koncentracijo Co v vzorcu na osnovi naslednjih podatkov:

V vzorca (ml)	V liganda (ml)	V Co st.- 3ppm (ml)	V H ₂ O (ml)	A
25,0	20,0	0,00	5	0,10
25,0	20,0	5,00	0	0,98

8. 4,37, mg vzorca proteina razkrojimo in pretvorimo dušik v NH₃. Raztopino razredčimo na 100 ml. Nato v 50 ml merilno bučko odmerimo 10 ml raztopine, dodamo 2 ml raztopine Na hipoklorita in 5 ml raztopine fenola. Nastane modri kompleks z bruto formulo C₁₂H₈O₂N.

Raztopino razredčimo do značke in izmerimo absorbanco pri 625 nm v 1 cm kiveti. Primerjalno raztopino pripravimo z raztapljanjem 0,0100 g NH₄Cl v 1 l vode. 10 ml te raztopine odmerimo v 50 ml merilno bučko ter uporabimo enak postopek kot pri vzorcu.

Rezultati meritev:

A

Slepa raztopina: 0,140

Primerjalna raztopina: 0,308

Vzorec: 0,592

Izračunajte molarni absorpcijski koeficient za obarvani kompleks! Izračunajte utežni % dušika v vzorcu!

Rez: $\epsilon = 4,49 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, 16,1%

9. V vitaminskem preparatu določujemo železo. Dve tableti (6,0800g) raztopimo in organske komponente razkrojimo s kislinsko mešanico. Raztopino prenesemo v 1000 ml merilno bučko in razredčimo do značke. Dva 10 ml alikvota analiziramo. Na osnovi podatkov v tabeli izračunajte maso Fe v posamezni tableti!

V vzorca(ml)	V st. raztopine Fe(III), µg/ml	V reagenta–liganda (ml)	V vode (ml)	A
10	0,00	25,00	15,00	0,492
10	15,00	25,00	15,00	0,571

S kakšno metodo smo določevali vsebnost železa?

10. Molarni absorpcijski koeficienti snovi X in Y so pri 272 nm in 327 nm naslednji:

	272nm	327 nm
X	16400	3990
Y	3870	6420

Mešanica obeh komponent ima pri 272 nm v 1 cm kiveti absorbanco 0,957 in 0,559 pri 327 nm. Izračunajte koncentracijo X in Y v mešanici! Kakšno enoto ima molarni absorpcijski koeficient?

11. Ca atome lahko vzbudimo v prvo vzbujeno stanje s svetlobo z valovno dolžino 422,7 nm. Izračunajte energetsko razliko med osnovnim in vzbujenim stanjem (KJ/mol)! Za Ca je relativna degeneriranost nivojev (g*/g) 3! Izračunajte razmerje med številom atomov v vzbujenem in osnovnem stanju pri 2500 K! Za koliko % se spremeni to razmerje, če se spremeni temperatura za 15 K? ($k = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J/s}$, $c = 2,99 \times 10^8 \text{ m/s}$)

12. V raztopini določujemo Li s plamensko emisijsko spektrometrijo. Uporabimo tehniko standardnega dodatka. Na osnovi podatkov iz tabele izračunajte koncentracijo Li v vzorcu!

vzorec (ml)	Standard (ml)	končni V (delci)	intenz. signala
10,00	0,00	100	309
10,00	5,00	100	452
10,00	10,00	100	600
10,00	15,00	100	765
10,00	20,00	100	906

Koncentracija Li standarda je 1,62 $\mu\text{g/ml}$!

13. S tehniko atomske absorpcijske spektrometrije določujemo množino Fe v izrabljenem motornem olju. Standardni odmik za postopek, ki smo ga določili s tridesetkratnim merjenjem vzorca znaša 2,4 $\mu\text{g/ml}$. Izračunajte 80 in 95 % območji zanesljivosti za rezultat 18,5 $\mu\text{g/ml}$, če smo ga dobili z eno, dvema ali štirimi meritvah!

Z80%= 1,29 Z95%= 1,96

14. V raztopini smo določali Cr po naslednjem postopku: v pet 50 ml merilnih bučk smo odmerili po 10 ml vzorca ter različne volumne standardne raztopine Cr s koncentracijo 12,2 mg/ml in raztopine razredčili do oznake.

Rezultati meritev:

vzorec (ml)	volumen standardne raztopine (ml)	A
10	0	0,201
10	10	0,292
10	20	0,378
10	30	0,467
10	40	0,554

Izračunajte koncentracijo kroma v vzorcu ter standardni odmik rezultata!

15. Kaj je induktivno sklopljena plazma? Razlika med energijama 4p in 3s nivojema na atoma je 3,75 eV. Izračunajte valovno dolžino, ki ustreza temu prehodu! Kakšna je frekvenca elektromagnetnega valovanja za omenjeni prehod?

Rez.: $\lambda = 330, 2\text{nm}$ $\nu = 9,05 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$

16. V raztopini B, ki je $3,31 \times 10^{-4} \text{ M}$ glede na farmacevtsko učinkovino K (M= 273) izmerimo prepustnost 0,173 pri 285 nm v 1 cm kivetu. 0,3122 g vzorca, ki vsebuje učinkovino K raztopimo v 500 ml vode in pri enakih eksperimentalnih pogojih izmerimo prepustnost, ki znaša 0,222. Izračunajte % učinkovine v preparatu!

Rez. : 12,4%

17. Pri določevanju thiamina (vitamin B) v vzorcu smo pomotoma na instrumentu namesto absorbance odčitali prepustnost. Za prvi vzorec smo izmerili prepustnost 82,2% in za drugi 50,7%. Izračunajte koncentracijsko razmerje thiamina v vzorcih!

Rez.: 0,289

KROMATOGRAFIJA

1. Če kromatografsko ločimo 1,06 mmolov 1-pentanola in 1,53 mmola 1-heksanola, izmerimo relativne površine vrhov 922 (pentanol) in 1570 (1-heksanol). Če dodamo 0,57 mmolov pentanola neznanemu vzorcu, ki vsebuje heksanol, izmerimo razmerje površin kromatografskih vrhov 843:816 (pentanol:heksanol). Koliko heksanola vsebuje vzorec? Kakšne kolone uporabljamo v plinski kromatografiji?

2. Za spojini C in D izmerimo sledeče HPLC vrednosti:

Spojina	Koncentracija mg/L	Površina vrha
C	236	4,42
D	337	5,52

Pripravimo raztopino z mešanjem 1,23 mg D v 5 ml topila z 10 ml vzorca. Raztopino razredčimo na 25 ml. Za substanco C izmerimo površino 3,33 in za D 2,22. Izračunajte koncentracijo snovi C v vzorcu!

Rez.: [Cg] = 161 mg/L

3. Izračunajte število teoretskih podov iz naslednjih podatkov:

$t_r = 12,83$ min, širina vrha: 18,4 s, dolžina kolone 15,8 cm.

Izračunajte višino teoretskega poda!

Rez.: $N = 2,80 \times 10^4$, $H = 5,64 \mu\text{m}$

4. Mešanico, ki vsebuje 1,25 mmolov n-pentanola in 1,20 mmolov n-heksanola, raztopimo v ustreznem topilu ter analiziramo s plinsko kromatografijo. Površina kromatografskega vrha za n-pentanol znaša $2,08 \text{ cm}^2$ in za n-heksanol $2,32 \text{ cm}^2$. Vzorec, ki vsebuje 1,1 mmola n-pentanola in y mmolov n-heksanola, daje vrhove s površinami $1,93 \text{ cm}^2$ (n-pentanol) in $1,12 \text{ cm}^2$ (n-heksanol). Izračunajte vrednost y !

Rez: 0,55 mmol

VREDNOTENJE REZULTATOV

1. Titrimetrični postopek za določevanje Ca v apnencu smo kontrolirali s standardnim vzorcem (30,15% CaO). Rezultat analize je bil 30,26% CaO, izvršili pa smo 4 paralelne določitve. Standardni odmik na osnovi teh določitvev je bil 0,085% CaO, standardni odmik na osnovi daljših opazovanj pa 0,094% CaO.

Ali ima postopek sistematično napako? (na osnovi 95% verjetnosti)? Ali bi se vaša ugotovitev spremenila, če ne bi prej poznali standardnega odmika?

	1	2	3	4	5	\bar{x}
t _{95%}	12,7	4,3	3,18	2,78	2,57	1,96

2. Nov postopek za določevanje polikloriranih bifenilov (PCB) smo preizkusili z analizo standardnega vzorca, ki vsebuje 1,50 mg PCB/l.

Rezultati določitev so naslednji: 1,52; 1,41; 1,46; 1,70; 1,59; 1,26; 1,76; 1,05 mg/l. Ali lahko na osnovi teh meritev sklepamo na sistematično napako postopka?

t (N-1=7)

80%	90%	95%
1,42	1,90	2,36

3. V krvi smo ugotovili naslednje paralelne rezultate za koncentracijo alkohola: 0,084, 0,080, 0,079. Izračunajte 95% meje zanesljivosti za poprečno vrednost, če a) ne poznamo natančnosti postopka, 2) če smo dobro določili njegovo natančnost, $s = 0,005\%$ etanola!

Rez.: a) $0,084 \pm 0,012$ b) $0,084 \pm 0,006$

4. Z večjim številom meritev smo ugotovili, da je standardni odmik postopka za določevanje klorida 0,2%. Ugotovite meje zanesljivosti (90%) za vzorec, ki vsebuje 52,1% Cl, če smo rezultat dobili z: eno določitvijo; s tremi določitvami; s petimi določitvami.

Z_{90%} = 1,64

5. Analiza po Kjeldahlu dveh vzorcev umetnih gnojil je pokazala, da je v vzorcu 1: 14,2%, 14,5%, 14,6%, 14,3% N, v vzorcu 2 pa: 15,0, 15,3, 15,2, 15,4, 15,6% N.

Standardni odmik postopka s znaša $\pm 0,3\%$ (na osnovi 10 meritev). Ali lahko sklepamo, da gre za isto gnojilo?

6. Koncentracijo klora v vzorcu smo ugotovili s tremi paralelnimi določitvami. Aritmetična sredina je 52,10% in iz meritev izračunani standardni odmik, s je 0,20%. Kolikšno je območje zanesljivosti (90%)? $t_{90, N=3} = 2,92$

7. Nov postopek za hitro določitev S v gorivu smo preizkusili z vzorcem, za katerega smo imeli zanesljivo analizo ($s = 0,123\%$). Dobili smo naslednje rezultate %S: 0,112, 0,118, 0,118, 0,115, 0,119. Ugotovite, če daje nov postopek pravilne rezultate in kolikšna je morebitna napaka!

8. Postopek za določitev Mn v jeklu smo preizkusili z analizo standardnega vzorca, ki vsebuje 1,12% Mn. Izmerili smo naslednje vrednosti: 1,17%, 1,19%, 1,11%, 1,15%, 1,12%.

Ali lahko trdimo z 90% zanesljivostjo, da daje naša metoda previsoke rezultate. Ali bo naš zaključek enak pri 99% zanesljivosti? $t_{90\%}(n=5)=2,132$ $t_{99\%}(n=5)=4,604$

9. V istem vzorcu smo določili Ca v različnih dneh.

Rezultati:

Konc. Ca (mg/L)	Število meritev	
1. dan	238	4
2. dan	255	5

Standardni odmik postopka je ± 14 mg/L.

$t_{krit.} = 2,365$

Ali lahko na osnovi teh meritev sklepamo, na nepravilno ravnanje z vzorcem?

10. Za določevanje ATP (adenozintrifosfata) v tkivu smo razvili novo metodo, pri kateri smo pri analizi standardnega referenčnega vzorca z deklarirano vrednostjo 1,11 mmol/mg dobili naslednje rezultate: 1,17; 1,19; 1,11; 1,15 in 1,20 mmol/mg. Ali lahko s 95% zanesljivostjo trdimo, da se naša določitev ujema z deklarirano vrednostjo? $t_{krit.}(95\%) = 2,227$

Rez.: $t_{exp} > t_{krit}$ odgovor NE!

11. V vzorcu smo z zanesljivo in validirano metodo določili koncentracijo Mg. Določili smo 0,137 ut.%. Z novim analiznim postopkom smo v istem vzorcu določili naslednje koncentracije: 0,129; 0,133; 0,136; 0,130; 0,128; 0,131. Ali lahko z 95% gotovostjo trdimo, da daje naša metoda pravilne rezultate?

$t_{krit}(95\%) = 2,571$

Rez: $t_{exp} = 5 > t_{krit}$ - Rezultata se razlikujeta

12. V urinu smo določali koncentracijo Na z natrijevo iono-selektivno elektrodo. Določili smo naslednje vrednosti: 102, 97, 99, 98, 101 in 106 mM. Kakšne so meje zanesljivosti za izmerjeno koncentracijo pri 95 in 99% zanesljivosti?

$t_{95\%} = 2,57$

$t_{99\%} = 4,04$

Vprašanja:

Splošno:

1. Napišite primere in enačbe za izračun konstant za analizno kemijo pomembnih ravnotežij!

2. Napišite vsa kemijska ravnotežja, ki so pomembna v analizni kemiji! Napišite za vsako ravnotežje po en primer ravnotežne reakcije in ustrezno enačbo za izračun ravnotežne konstante!

3. Opišite in razložite potek titracije mešanice Na_2CO_3 in NaHCO_3 v raztopini! Napišite ustrezne kemijske enačbe in princip izračuna rezultatov!

4. Napišite indikatorje za sledeče titracije:

acidimetrija-alkalimetrija _____

obarjalne titracije _____

redoks titracije _____

kompleksometrične titracije _____

5. Pri obarjalnih titracijah določamo končno točko titracije z

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

6. Kako vpliva pH raztopine na topnost oborine? Prikažite ustrezne reakcije!

7. Kako določamo dušik v organskih in anorganskih spojinah?

Elektroanalizne metode:

1. Koncentracijo ionov v vzorcu s kulometrično titracijo določimo tako, da merimo

napetost med elektrodama _____

jakost toka _____

Potencial katode _____

čas titracije _____

Volumen titrne raztopine _____

2. Koncentracijo ionov v raztopini z elektrogravimetrijo določamo tako, da merimo

jakost toka _____

napetost delovne elektrode _____

težo vzorca _____

napetost celice _____

maso elektrod _____

3. Membrana fluoridne ionoselektivne elektrode je zgrajena iz
NaF
stekla
fluovega membranata
lantanovega fluorida

4. Potenciometrična titracija kloridnih ionov
osnove metode
shema aparature
opis elektrod
osnovne reakcije

5. Opišite kulometrično določitev kloridnih ionov
osnove metode
shema aparature
opis elektrod
osnovne reakcije

6. Opišite referenčni elektrodi :
nasičeno kalomelovo elektrodo
Ag/AgCl
shema, kemijske reakcije, enačba za potencial

7. Kakšne elektrode bi uporabili pri potenciometrični titraciji
a) etanojske kisline z NaOH
b) Fe^{2+} ionov s Ce^{4+} ioni?

8. Opišite nasičeno kalomelovo elektrodo (shema, kemijske reakcije, enačba za potencial)!

9. Kakšna je matematična zveza, ki opisuje zvezo med analiznim signalom in koncentracijo pri potenciometričnih in amperometričnih meritvah? Obkrožite pravilni(e) odgovor(e)!

- Linearna pri potenciometriji, eksponentna pri amperometriji
- Linearna pri potenciometriji, logaritemska pri amperometriji
- Linearna pri obeh metodah
- Logaritemska pri obeh metodah
- Logaritemska pri potenciometriji in linearna pri amperometriji

Spektroskopske metode:

1. Beerov zakon velja
za monokromatsko svetlobo.....
samo za spektralno območje od 200-650 nm.....
za pojave, ki so posledica energetskih prehodov v atomih, ionih in
molekulah.....
za sipano svetlobo.....

2. Napišite Beerov zakon! (pojasnite količine in navedite enote!)

Beerov zakon ne velja:

za razredčene raztopine.....

za koncentrirane raztopine.....

za monokromatsko svetlobo.....

za polikromatsko svetlobo.....

če v raztopini nastopa disociacija.....

3. Kako bi povečali občutljivost spektrofotometrične določitve?

4. Narišite shemo aparata za atomsko absorpcijsko spektrometrijo!

5. Naštejte sestavne dele plamenskega fotometra in definirajte njihovo vlogo:

SESTAVNI DEL

VLOGA

6. Atomska absorpcijska spektrometrija

osnove metode

shema aparature

kaj predvsem določujemo z metodo

7. Molekularna absorpcijska spektrometrija v UV, VIS in IR

osnove metode

shema aparature

kaj predvsem določujemo z metodo

8. Kaj vpliva na pravilnost spektrofotometrične določitve?

9. IR spektrometrijo uporabljamo predvsem za _____

v _____ koncentracijskem območju. navedite vsaj pet skupin, oziroma vezi, ki absorbirajo v IR.

valovna dolž. (nm)

10. Navedite glavna področja elektromagnetnega spektra, ustrezne energetske premene in analizne spektroskopske metode!

11. Kakšna je razlika med AAS in mol. absorpcijsko spektrometrijo?

12. Navedite glavna področja elektromagnetnega spektra, ki jih uporabljamo v analizi kemiji, ustrezne osnovne pojave in analizne metode.

13. Opišite izvore pri atomski emisijski in absorpcijski spektroskopiji

Izračunajte razmerje N_i/N_o pri 3000 K za prehode zunanlega 3 s elektrona pri Mg v singletno p stanje, če je za ta prehod val. dolž. 285,2 nm. Upoštevajte, da imamo v 3 s dva in v 3p šest kvantnih stanj! Navedite možne interference pri AAS!

14. Zakaj je atomska emisijska spektrometrija bolj občutljiva na temperaturne spremembe plamena kot atomska absorpcijska spektrometrija?

Vrednotenje rezultatov:

1. Pravilnost postopka določajo

slučajne napake.....

strmina umeritvene krivulje.....

meja zaznavnosti.....

standardni odmik meritev.....

2. Pravilnost rezultata zavisi od

osebnih napak _____

napak metode _____

instrumentalnih napak _____

3. Natančnost rezultata zavisi od

slučajnih napak _____

osebnih napak _____

sistematičnih napak _____

4. Kaj lahko ugotovimo s statistično obravnavo rezultatov:

5. S statističnimi metodami lahko obravnavamo _____. Kateri predpostavki nam to omogočata?

6. Koliko rezultatov od stotih bo v mejah ± 1 s: _____

± 2 s _____; ± 3 s _____

7. Natančnost postopka je povezana s _____ napakami, pravilnost pa s _____ napakami.

Enačbi za izračun standardnega odmika (1) in napake (2) postopka sta:

1)

2)

8. Da bi lahko ugotovili natančnost oziroma pravilnost postopka moramo torej poznati :

	natančnost	pravilnost
rezultat		
več rezultatov		
aritmetično sredino		
število rezultatov		
resnični oz. sprejeti rezultat		
težo vzorca		
sestavo vzorca		
opis analiznega postopka		

9. V čem je razlika med natančnostjo meritve in natančnostjo postopka?

10. Tehniko umerjanja s standardnim dodatkom uporabljamo:

da ne

če imamo veliko štev. vzorcev
ne poznamo sestave vzorca
je velika možnost slučajnih napak
ko pričakujemo vpliv osnove vzorca
ko nimamo standardnih niti sintetičnih vzorcev
ko pričakujemo sistematično napako

Kromatografija:

1. Kaj je retencijski čas?

Naštejte najpomembnejše vrste kromatografskih tehnik?

2. Kakšna bo sestava efluenta pri prehodu naslednjih razredčenih raztopin skozi kolono s kationskim izmenjevalcem v H⁺ obliki:

NaCl

Na₂SO₄

HClO₄

FeSO₄·(NH₄)₂SO₄

3. Napišite van-Deemterjevo enačbo in pojasnite vlogo spremenljivk, ki v enačbi nastopajo!

Kako za kromatografsko kolono določimo število teoretskih podov?

4. Naštejte najpomembnejše vrste kromatografskih tehnik! Kakšne kolone uporabljamo pri plinski kromatografiji ?

5. Opišite normalo fazni in reverzno fazni kromatografski sistem !

Primeri nalog z rešitvami:

1. Izračunajte pH 10^{-8} M HCl!

Rešitev:

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{H}_2\text{O}} + [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HCl}}$$

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x + 1 \times 10^{-8}$$

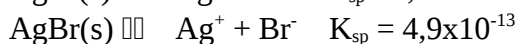
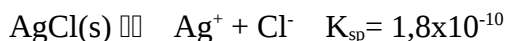
$$[\text{OH}^-] = x$$

$$10^{-14} = (x + 1 \times 10^{-8}) \cdot x \quad x = 1,9 \times 10^{-7}$$

$$\text{pH} = 6,98$$

Izračunajte koncentracijo Ag^+ , če v 0,1 M NaBr dodamo nekaj kristalov AgCl!

Rešitev:



v raztopini so naslednje oblike: Na^+ , Ag^+ , Cl^- in Br^-

$$[\text{Na}^+] = 0,1$$

$$\text{naboji: } [\text{Na}^+] + [\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{Br}^-]$$

$$0,1 + [\text{Ag}^+] = K_{\text{sp}}\text{AgCl}/[\text{Ag}^+] + K_{\text{sp}}\text{AgBr}/[\text{Ag}^+]$$

$$[\text{Ag}^+] = 1,081 \cdot 10^{-9}$$

Napišite enačbi masne bilance in elektronevtralnosti za raztopino, ki jo pripravimo tako, da zmešamo 0,025 molov KH_2PO_4 in 0,030 molov KOH in raztopimo razredčimo na 1 l !

Rešitev:

Masna bilanca:

$$[\text{K}^+] = 0,055\text{M}$$

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] = 0,025$$

Naboji (Elektronevtralnost):

$$[\text{K}^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + 2[\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{OH}^-]$$

Napišite enačbe ustreznih reakcij, ki v vodni raztopini vplivajo na topnost AgCN (Upoštevajte nastanek kompleksa med srebrovimi in cianidnimi ioni!

Izrazite topnost z ustrežno zvezo!

Napišite masno bilanco in bilanco nabojev!

Rešitev:



$$s = [\text{Ag}^+] + [\text{Ag(CN)}_2^-] = [\text{CN}^-] + [\text{HCN}] + [\text{Ag(CN)}_2^-] \quad [\text{Ag}^+] = [\text{CN}^-] + [\text{HCN}]$$

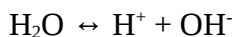
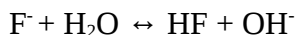
mase: $[Ag^+] = [CN^-] + [HCN]$

naboji: $[Ag^+] + [H_3O^+] = [OH^-] + [CN^-] + [Ag(CN)_2^-]$

Napišite reakcije in ustrezne enačbe, s katerimi bi lahko izračunali topnost CaF_2 v vodi!

Rešitev:

Ravnotežja:



Enačbe:

Naboji: $[H^+] + 2[Ca^{2+}] = [OH^-] + [F^-]$

Mase: $[F^-] + [HF] = 2[Ca^{2+}]$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}] \cdot [F^-]^2$$

$$K_b = [H^+] \cdot [OH^-] / [F^-]$$

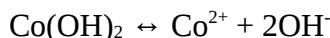
$$K_w$$

=

$$[H^+] \cdot [OH^-]$$

Topnostni produkt $Co(OH)_2$ je $2,0 \times 10^{-16}$. Izračunajte potrebno koncentracijo OH^- ionov za a) pričetek obarjanja Co^{2+} iz $8,4 \times 10^{-4}$ M raztopine $CoSO_4$, b) za zmanjšanje koncentracije Co^{2+} do 10^{-6} M! $K_{sp} = 2,0 \times 10^{-16}$

Rešitev:



$$K_{sp} = [Co^{2+}] \cdot [OH^-]^2$$

$$a) [OH^-]^2 = 2,0 \cdot 10^{-16} / 8,4 \cdot 10^{-4} = 2,0 \cdot 10^{-16}$$

$$[OH^-] = 4,88 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

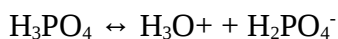
$$b) [OH^-]^2 = 2,0 \cdot 10^{-16} / 1,0 \cdot 10^{-6} = 2,0 \cdot 10^{-10}$$

$$[OH^-] = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Kako bi pripravili 500 ml pufrske raztopine s pH 3,00, če imamo na voljo 0,600 M H_3PO_4 in 3,00 M $NaOH$?

$pK_{a1} = 2,148$, $pK_{a2} = 7,198$, $pK_{a3} = 12,377$

Rešitev:



$$K_{a1} = [H_3O^+] \cdot [H_2PO_4^-] / [H_3PO_4]$$

$$K_{a1} = 10^{-pK_a}$$

$$[H_2PO_4^-] / [H_3PO_4] = K_{a1} / [H_3O^+] = 7,11$$

$$V_{NaOH} + V_{H_3PO_4} = 500 \text{ ml}$$

$$V_{NaOH} = 74,4 \text{ mL} \quad V_{H_3PO_4} = 425,6 \text{ mL}$$

Preparat, ki ga uporabljamo za zmanjšanje kožnega vnetja je mešanica železovega in cinkovega oksida. 1,022 g vzorca suhega preparata raztopimo v kislini in razredčimo na 250 ml. 10 ml alikvotu dodamo KF (za maskiranje železa). Po uravnavanju pH raztopino titriramo in porabimo 38,71 ml 0,01294 M EDTA. Drugi alikvot (50 ml) titriramo z 0,002727 M raztopino ZnY^{2-} . Pri titraciji porabimo 2,40 ml reagenta.

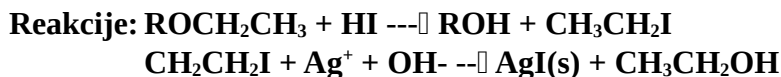
Izračunajte % ZnO in Fe_2O_3 v vzorcu! ($Fe = 55,8$, $Zn = 65,4$)

Rešitev:

$$n \text{ Zn}^{2+} = C \text{ EDTA} \cdot V \cdot 1.25 \dots\dots\dots m \text{ ZnO} = n \text{ Zn}^{2+} \cdot M_{\text{ZnO}} \quad \% \text{ ZnO} = m_{\text{ZnO}} / m_{\text{vz}} \cdot 100\% = 99,74\%$$

$$n \text{ Fe}^{3+} = C \text{ EDTA} \cdot V \cdot 2.5 \dots\dots\dots m \text{ Fe}_2\text{O}_3 = n \text{ Fe}^{3+} / 2 \cdot M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \quad \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} / m_{\text{vz}} \cdot 100\% = 0,26\%$$

V neki organski spojini z molekulsko maso 417 želimo gravimetrično določiti število etoksilnih (CH₃CH₂O⁻) skupin



25,24 mg vzorca nam daje 29,03 mg AgI. Določite število etoksilnih skupin v molekuli!
Ag = 107,9, I = 126,9

Rešitev:

$$1 \text{ mol etoksi skupin daje } 1 \text{ mol AgI} \qquad \text{torej: } 29,03 \text{ mg AgI} = 0,12365 \text{ mmolov}$$

$$25,42 / 417 = 0,0609 \text{ mmolov}$$

$$0,12365 / 0,06096 = 2,03 = 2 \text{ etoksi skupini}$$

pH krvi je 7,40. Izračunajte razmerje koncentracij HPO₄²⁻ in H₂PO₄⁻ v krvi!

$$K_1 = 1,1 \cdot 10^{-2}, K_2 = 7,5 \cdot 10^{-8}, K_3 = 4,8 \cdot 10^{-13}$$

$$K_{a2} = 7,5 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{Rešitev: } [\text{HPO}_4^{2-}] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = K_{a2} / [\text{H}_3\text{O}^+] = 7,5 \cdot 10^{-8} / 3,98 \cdot 10^{-8} = 1,88$$

Za določevanje ATP (adenozintrifosfata) v tkivu smo razvili novo metodo, pri kateri smo pri analizi standardnega referenčnega vzorca z deklarirano vrednostjo 1,11 mmol/mg dobili naslednje rezultate: 1,17; 1,19; 1,11; 1,15 in 1,20 mmol/ mg. Ali lahko z 95 % zanesljivostjo trdimo, da se naša določitev ujema z deklarirano vrednostjo?

$$t_{\text{krit.}(95\%)} = 2,227$$

Rešitev

$$\text{Izračunani standardni odmik: } s = 0,0358$$

$$t_{\text{exp}} = (\bar{X}_{\text{st.}} - X_{\text{izmerjeni}}) / s \cdot \sqrt{n} / 2 = (1,111 - 1,1164) / 0,0358 \cdot \sqrt{5} / 2 = 3,37$$

$$t_{\text{exp}} > t_{\text{krit}} \quad \text{odgovor NE!}$$

Po podatkih iz Meckovega Indexa lahko pri zdravljenju bolezni *myasthenia gravis* predpišemo 10 mg guanidina (CH₃N₃) na kilogram telesne teže pacienta. V štirih

tabletah (skupna masa 7,50 g) smo določili dušik s Kjeldalovo metodo. Sproščeni amoniak smo destilirali v 100,0 ml 0,1750 M HCl. Za titracijo presežka smo porabili 11,37 ml 0,1080 M NaOH. Koliko tablet dnevno lahko predpišemo pacientu težkemu 48 kg?

N=14

Rešitev:

$$100 \times 0,1750 = 17,5 \text{ mmolov HCl}$$

$$11,37 \times 0,1080 = 1,228 \text{ mmolov NaOH}$$

sledi:

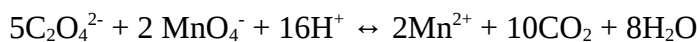
$$n \text{ NH}_3 = 16,272 \text{ ustreza } 227,8 \text{ mg N in } 322,7 \text{ mg CH}_3\text{N}_7 \text{ (80 mg na tableto)}$$

Rezultat: 6 tablet

V vzorcu določujemo Ca. 0,2437 g vzorca raztopimo in Ca(II) oborimo kot CaC₂O₄. Oborino filtriramo, speremo in jo raztopimo v H₂SO₄. Raztopino titriramo s 0,02065 M KMnO₄ in porabimo 31,44 ml. Izračunajte % CaO v vzorcu! Napišite ustrezne enačbe!

Ca=40

Rešitev:



$$5 \text{ mol C}_2\text{O}_4^{2-} \equiv 2 \text{ mol KMnO}_4$$

$$5 \text{ mol CaC}_2\text{O}_4 \equiv 5 \text{ mol CaO}$$

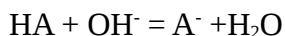
$$n_{\text{CaO}} = V_{\text{KMnO}_4} \cdot C_{\text{KMnO}_4} \cdot (5/2)$$

$$\% \text{CaO} = m_{\text{CaO}} / m_{\text{vzorca}}$$

$$\% \text{CaO} = 37,35\%$$

Pri titraciji 100 ml enobazne šibke kisline (HA) porabimo 27,63 ml 0,09381 M NaOH. pH v ekvivalentni točki je 10,99. Izračunajte pH po dodatku 19,47 ml NaOH!

Rešitev:



$$[\text{A}^-] = (27,63/127,63) \times 0,09381 = 0,02031 \text{ M}$$

$$\text{pH} = 10,99 \quad [\text{OH}^-] = 9,77 \cdot 10^{-4}$$

$$K_b = 4,94 \times 10^{-5}$$

$$19,74 \text{ ml, puffer! } \text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{A}^-]/[\text{HA}] = 10,07$$

**Izračunajte elektrodni potencial polčlena : Cd/Cd(OH)₂ (nas), H⁺ (1x10⁻¹¹)
Potencial izrazite glede na nasičeno kalomelovo elektrodo (E_{SCE} = 0,242 V)**

Rešitev:

$$K_{\text{sp}} \text{ Cd(OH)}_2 = 5,9 \times 10^{-15}$$

$$[\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = K_{\text{sp}} = 5,9 \cdot 10^{-15}$$

$$[\text{OH}^-] = 1.10^{-3}$$

$$\text{Cd}^{2+} = 5,9.10^{-15}/(1.10^{-3})^2 = 5,9.10^{-9}$$

$$E = -0,403 - 0,059/2 \log (1/5,9.10^{-9}) = -0,647$$

$$E \text{ vs SCE} = -0,647\text{V} - 0,242\text{V} = -0,889 \text{ V}$$

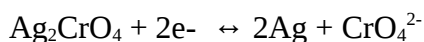
Za določevanje koncentracije CrO_4^{2-} uporabljamo naslednji člen:

SCE// $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{nas}), \text{CrO}_4^{2-}(\text{xM})/\text{Ag}$.

Izračunajte p CrO_4 , če je napetost člena 0,404 V!

$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$ $E_0 = 0,446 \text{ V}$ $E_{\text{SCE}} = 0,244\text{V}$

Rešitev:



$$E = E^0 - (0,059/2) \cdot \log[\text{CrO}_4^{2-}] - E_{\text{SCE}} = E^0 - 0,296 \cdot \text{pCrO}_4 - E_{\text{SCE}}$$

$$\text{pCrO}_4 = 6.82$$

V urinu smo določali koncentracijo Na z natrijevo iono-selektivno elektrodo. Določili smo naslednje vrednosti: 102, 97, 99, 98, 101 in 106 mM. Kakšne so meje zanesljivosti za izmerjeno koncentracijo pri 95 in 99% zanesljivosti?

$$t_{95\%} = 2,57 \quad t_{99\%} = 4,04$$

Rešitev:

Standardni odmik: $s = 2,327$

$$\text{a) } \bar{x} = X_{t_{95\%}, s} / \sqrt{6} = 100,5 \sqrt{3},4 \text{ mM}$$

$$\text{b) } \bar{x} = X_{t_{99\%}, s} / \sqrt{6} = 100,5 \sqrt{5},4 \text{ mM}$$

V čašo smo odmerili 25 ml vzorca s koncentracijo F^- $1 \times 10^{-3} \text{ M}$. Odčitani potencial je bil 60 mV. Nato smo dodali 1 ml 1.10^{-2} M raztopine F^- . Za koliko bi se spremenil potencial elektrode pri 25°C, če bi se elektroda obnašala idealno?

Rešitev :

$$E_1 = E' - 0.059 \cdot \log [\text{F}^-]_1$$

$$E_2 = E' - 0.059 \cdot \log [\text{F}^-]_2$$

$$C_2 = (C_1 \cdot V_1 + C_{\text{st}} \cdot V_{\text{st}}) / (V_1 + V_{\text{st}}) = 1,346 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 0.059 \cdot (\log[\text{F}^-]_1 - \log[\text{F}^-]_2)$$

$$\Delta E = -7.6 \text{ mV}$$

Aktivna komponenta (klordizepoxid) v preparatu »Librium« daje v 0,01 M H_2SO_4 polarografski val s polvalnim potencialom $E_{1/2} = -0,265 \text{ V}$ (vs SCE). Višina polarografskega vala pri polarografiranju 50 ml raztopine, ki vsebuje omenjeni preparat je 0,37 μA . Če v raztopino dodamo 2,00 ml 3,00 mM standardne raztopine aktivne substance, naraste mejni difuzijski tok na 0,80 μA . Izračunajte koncentracijo aktivne komponente v vzorcu!

Rešitev: Standardni dodatek pri polarografiji: Rezultat: $9,6.10^{-5} \text{ M}$

Fluoridna ionoselektivna elektroda ne reagira na HF, reagira pa na OH⁻ ione v višjih koncentracijah, če je koncentracija [OH⁻] > [F⁻]/10. v 10⁻⁵ M raztopini NaF ima elektroda potencial +100 mV (vs SCE), v 10⁻⁴ M raztopini pa +41 mV. Skicirajte odvisnost potenciala od pH, če jo pomočimo v 10⁻⁵ M NaF in spreminjamo pH od 1 do 13!
 pK_aHF=3,17

Rešitev:

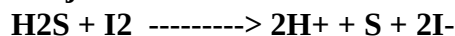
[OH⁻] = F⁻/10 = 10⁻⁶ (pH=8) torej pri pH > 8 vpliv OH⁻!

Elektroda ne reagira na HF

Pri pH manjšem od 3,17 (pK_a!) vpliv H⁺, nastanek HF zmanjša koncentracijo F⁻!

V vzorcu vode smo določili koncentracijo sulfidnih ionov z elektrolizno generiranim jodom. V 50 ml alikvot vzorca smo dodali 3 g KI ter kontrolirali jakost toka pri kulometrični titraciji (i = 0,00731 A). Čas titracije je bil 9,2 min. Izračunajte koncentracijo H₂S v vzorcu in jo izrazite v mg/L!

Reakcija:



I = 126,9 S = 32

Rešitev:

pretečeni naboj: Q=i.t = 0,00731 . 552 sek. = 4,035 As

2,09.10⁻⁵ molov H₂S/50 mL sledi 4,2 .10⁻⁴ mol/l = 0,0142 mg/L = 14,2 ppb

V vzorcu vode določujemo baker z AAS in uporabimo tehniko standardnega dodatka, pri čemer dodamo v 100 ml vzorca 0,1 ml standardne raztopine s koncentracijo 1mg/ml.

Rezultati meritev: slepa vrednost: A=0,050, vzorec: A=0,550, vzorec + st. dodatek: A=1,050 Izračunajte koncentracijo bakra!

Rešitev:

$$A - A_{sl} = k.C_x$$

$$A_1 - A_{sl} = k.(V_x.C_x + V_1.C_s)/(V_x + V_1)$$

enačbi delimo:

$$0,500/1,000 = C_x.101(100C_x + 0,1.1)$$

$$C_x = 0.001 \text{ mg/L}$$

Koncentracijo Cu v vzorcu določujemo s tehniko standardnega dodatka. Uporabimo standardno raztopino, s koncentracijo 1mg/ml.

Volumen vzorca (mL)	Volumen st. razt.	Celotni volumen	Absorbanca
10,00	0	100,0	0,163
10,00	1,00	100,0	0,240
10,00	2,00	100,0	0,319

10,00	3,00	100,0	0,402
10,00	4,00	100,0	0,478

Izračunajte Koncentracijo Cu v vzorcu!

Rešitev:

204 μ g/mL (rezultat iz umeritvene krivulje z ustreznim upoštevanjem razredčitev!)

Kakšna bo sestava efluenta pri prehodu naslednjih razredčenih raztopin skozi kolono s kationskim izmenjevalcem v H⁺ obliki:

a) NaCl
(NH₄)₂SO₄

b) Na₂SO₄

c) HClO₄

d)

FeSO₄.

Rešitev:

- a) H⁺, Cl⁻ (HCl)
- b) H⁺, SO₄²⁻ (H₂SO₄)
- c) H⁺, ClO₄⁻, (HClO₄)
- d) H⁺, SO₄²⁻, (H₂SO₄)