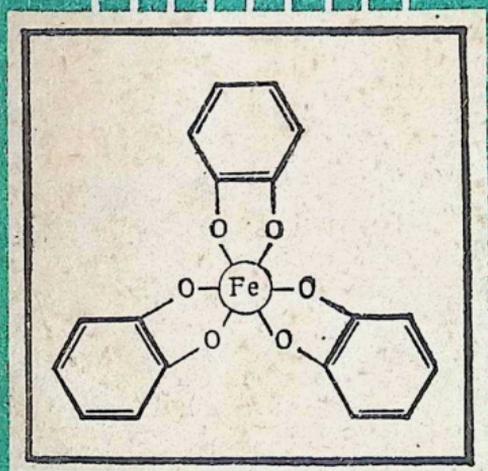


Ш.Т.Толипов, Х.Ш.Хусайнов

# АНАЛИТИК ХИМИЯДАН МАСАЛАЛАР ТҮПЛАМИ





Ш. Т. ТОЛИПОВ, Х. Ш. ХУСАИНОВ

# АНАЛИТИК ХИМИЯДАН МАСАЛАЛАР ТЎПЛАМИ

*ЎзССР Олий ва ўрта махсус таълим  
министрлиги олий ўқув юртлари  
студентларига ўқув қўлланма сифати-  
да тавсия этган*

Ушбу ўқув қўлланма университетларнинг химия факультети студентлари учун мўлжалланган. Қўлланма икки қисм ва IX бобдан иборат. Ҳар бир бобда қисқача назарий маълумот, масалалар ечишга доир намуналар ва мустақил ечиш учун масалалар келтирилган.

Қўлланмадан ихтисослиги химик бўлмаган бошқа олий ўқув юртлири студентлари ҳам фойдаланишлари мумкин.

T  $\frac{1804000000-109}{353(04)-84}$  191 — 84

© „Ўқитувчи“ нашриёти, Тошкент, 1984

## Сўз боши

КПСС XXVI съездининг қарорларида ўн биринчи беш йилликда олий таълимни янада такомиллаштириш, халқ хўжалигига юқори малакали мутахассис кадрлар етказиб беришни янада яхшилаш вазифаси қўйилган. Бу вазифани амалга ошириш учун студентларнинг олган назарий билимларини амалий машғулотларда пухталаш, уларга назарий билимларни амалда татбиқ этишни ўргатиш катта аҳамиятга эга. Ана шуларни назарда тутган ҳолда ва аналитик химиядан шу вақтга қадар ўзбек тилида амалий қўлланма йўқлигини ҳисобга олиб, авторлар ушбу қўлланмани ёзишни мақсадга мувофиқ деб топдилар.

Бу китоб икки қисмдан, тўққизта бобдан ташкил топган. Унда кислота ва асосларнинг сувдаги эритмаларида химиявий мувозанат, кам эрувчан бирикмаларда мувозанат, тузларнинг гидролизи, оксидланиш-қайтарилш процессларининг боришида химиявий мувозанат, гравиметрик ва титриметрик анализ усуллари асосида ҳисоблашлар берилган. Ҳар бир боб ўз навбатида қисқача назарий қисм, масалаларни ечишга доир намуналар ва мустақил ечиш учун масалаларни ўз ичига олади.

Китобни ёзишда авторлар томонидан қўлланган адабиётлар рўйхати қўлланманинг охирида келтирилган.

Ушбу ўқув қўлланманинг қўлёзмасини батафсил кўриб чиқиб ўзининг қимматли фикр ва мулоҳазаларини билдирган СамДУ доценти О. Ф. Файзуллаевга ҳамда қўлёзмани тайёрлашда катта ёрдам берган СамДУ аспиранти Н. К. Мухаммадиевга авторлар катта миннатдорчилик билдирадилар.

„Аналитик химиядан масалалар тўплами“ ўзбек тилида ёзилган дастлабки ўқув қўлланма бўлганлиги учун у айрим камчиликлардан холи эмас, албатта. Шунинг учун авторлар қўлланмани янада яхшилашга қаратилган барча фикр ва мулоҳазаларни самимият билан қабул қиладилар.

## 1606. ГОМОГЕН СИСТЕМАЛАРДА МУВОЗАНАТ

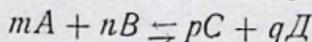
**1-§. Массалар таъсири қонуни.** Химиявий мувозанат. Химиявий реакцияларнинг тезлиги реакцияга киришувчи моддаларнинг табиатига, температурага, босимга ҳамда катализаторларнинг иштирок этиш-этимаслигига боғлиқ. Химиявий реакциялар тезлигининг реакцияга киришувчи моддалар концентрациясига боғлиқлигини биринчи бўлиб Н. Н. Бекетов кашф этган:

*химиявий реакцияларнинг тезлиги реакцияга киришаётган моддалар концентрациясининг вақт бирлиги ичида ўзгариши билан ўлчанади, яъни*

$$v = - \frac{dc}{dt} \quad (1.1)$$

бунда  $v$  — химиявий реакция тезлиги;  $dt$  — чексиз кичик вақт оралиги;  $dc$  — реакцияга киришувчи моддалар концентрациясининг ўзгариши;  $dc/dt$  — концентрациянинг вақт бўйича олинган ҳосиласи.

Н. Н. Бекетов томонидан киритилган қонуният, норвегиялик олимлар Гульдберг билан Вааге (1867) томонидан массалар таъсири қонуни номи билан қуйидагича таърифланди: *химиявий реакция тезлиги реакцияга киришаётган моддаларнинг концентрациялари кўпайтмасига тўғри пропорционалдир.* Масалан,



реакциянинг тезлиги қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

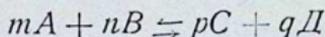
$$v = K[A]^m \cdot [B]^n \quad (1.2)$$

бунда  $K$  — пропорционаллик коэффиценти (тезлик константаси) бўлиб,  $u$  температура, босим ва реакцияга киришаётган моддаларнинг табиатига боғлиқ;  $[A]$ ,  $[B]$  — реакция учун олинган моддаларнинг айни вақтдаги моляр концентрациялари,  $m$  ва  $n$  — стехиометрик коэффицентлар.

Массалар таъсири қонуни, асосан, газсимон моддалар

ва суюлтирилган эритмаларга татбиқ этилади. Бу қонунни реал системаларга қўллаш учун активлик коэффициентини ҳисобга олиш керак (активлик коэффициенти ҳақида кейинги параграфда тўхталиб ўтамиз).

Кўпгина химиявий реакциялар қайтардир, яъни улар бир вақтнинг ўзида қарама-қарши томонга боради. Қайтар реакцияларни умумий тарзда қуйидагича кўрсатиш мумкин:



Массалар таъсири қонунига мувофиқ тўғри ва тескари реакцияларнинг тезлиги мос равишда:

$$\begin{aligned} v_1 &= K_1[A]^m \cdot [B]^n \\ v_2 &= K_2[C]^p \cdot [D]^q \end{aligned} \quad (1.3)$$

бўлади, бунда  $v_1$  ва  $v_2$  — тўғри ва тескари реакцияларнинг тезлиги. Вақт ўтиши билан  $v_1 = v_2$  бўлади. *Тўғри ва тескари реакция тезликларининг ўзаро тенглашган ҳолати химиявий мувозанат дейилади.* Химиявий мувозанат вақтида  $v_1 = v_2$  бўлгани учун:

$$K_1[A]^m \cdot [B]^n = K_2[C]^p \cdot [D]^q \quad (1.4)$$

ёки

$$\frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n} = \frac{K_1}{K_2} = K \quad (1.5)$$

(1.5) тенглама химиянинг энг асосий қонунларидан бири бўлган **массалар таъсири қонунининг** математик ифодаси бўлиб, у қуйидагича таърифланади: *мувозанат вужудга келганда реакция натижасида ҳосил бўлган моддалар концентрациялари кўпайтмасининг реакция учун олинган моддалар концентрациялари кўпайтмасига бўлган нисбати айни температурада шу реакция учун доимий сон бўлиб, мувозанат константаси дейилади.*

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.** Ацетиленнинг ёниш реакциясида кислороднинг концентрацияси уч марта оширилса, реакция тезлиги неча марта ортишини ҳисобланг?

Е ч и ш.



Массалар таъсири қонунига кўра, кислород концентрацияси оширилгунга қадар реакция тезлиги:

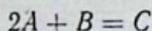
$$v_1 = K_1[C_2H_2]^2 \cdot [O_2]^5$$

Гислороднинг концентрацияси уч марта оширилса реакция тезлиги:

$$v_2 = K_1[C_2H_2]^2 \cdot [3O_2]^3 = 243K_1[C_2H_2]^2 \cdot [O_2]^3$$

бўлади. Демак, реакция тезлиги 243 марта ортади.

2-масала. А ва В моддалар ўртасида борадиган реакция тенг-ламаси қуйидагича ифодаланган:



А модданинг дастлабки концентрацияси 3,2М, В модданики эса 1,6М. Реакциянинг тезлик константаси 0,75 га тенг. Реакциянинг дастлабки тезлигини ва реакциянинг бир қадар вақт ўтиб, А модда концентрацияси 0,5М га камайгандаги тезлигини топинг.

Ечиш. Массалар таъсири қонунига кўра, реакциянинг дастлабки тезлиги:

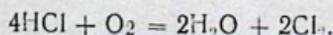
$$v_1 = K_1[A]^2 \cdot [B] = 0,75 \cdot (3,2)^2 \cdot 1,6 = 12,288$$

Реакция тенгламасига кўра, А модда концентрацияси 0,5М га камайса, В модда концентрацияси унга нисбатан икки марта (0,5 : 2 = 0,25) камайиши керак, шунга асосан маълум вақтдан кейин А модда концентрацияси 3,2 — 0,5 = 2,7М, В модданики эса 1,6 — 0,25 = 1,35М бўлади. Бу вақтда реакция тезлиги:

$$v_2 = K_1[A]^2 \cdot [B] = 0,75 \cdot (2,7)^2 \cdot 1,35 = 7,38$$

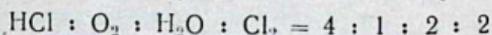
бўлади. Демак, реакцияга киришувчи А модда концентрацияси 0,5М га камайса, реакция тезлиги 1,64 мартага камаяр экан.

3-масала.



Ушбу реакция бошланиб бир қадар вақт ўтгандан кейин реакцияда иштирок этувчи моддаларнинг концентрациялари қуйидагича бўлади:  $[HCl] = 0,75M$ ;  $[Cl_2] = 0,20M$ ;  $[O_2] = 0,42M$ ;  $[H_2O] = 0,20M$ . HCl ва  $O_2$  ларнинг дастлабки концентрацияларини топинг.

Ечиш: Реакция тенгламасига кўра, реакцияга киришадиган ва ҳосил бўлаётган моддаларнинг моль нисбатлари



бўлгани учун

$$[HCl] = 2[H_2O] = 2[Cl_2] = 2 \cdot 0,20 = 0,40M$$

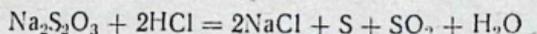
$$[O_2] = \frac{1}{2}[H_2O] = \frac{1}{2}[Cl_2] = \frac{1}{2}0,20 = 0,10M$$

Демак,  $[HCl]$  дан 0,40М ва  $O_2$  дан 0,10М, 0,20М  $H_2O$  ва 0,20М  $Cl_2$  ҳосил бўлганлиги ҳисобга олинса, уларнинг дастлабки концентрациялари:

$$C_{HCl} = 0,75M + 0,40M = 1,15M$$

$$C_{O_2} = 0,42M + 0,10M = 0,52M$$

4-масала. Ушбу реакцияда



реакцияга киришувчи моддаларнинг концентрациялари:  $[Na_2S_2O_3] = 1M$ ;  $[HCl] = 2M$ ,

Агар натрий тиосульфат концентрациясини ўзгартирмай туриб, кислота концентрациясини 6М га оширилса, реакция тезлиги қандай ўзгаради?

Ечиш. Массалар таъсири қонунига кўра, HCl концентрацияси ўзгармаган вақтда реакция тезлиги:

$$v = K[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] \cdot [\text{HCl}]^2 = K \cdot 1 \cdot 2^2 = 4K$$

концентрацияси оширилганда эса:

$$v = K[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] \cdot [\text{HCl}]^2 = K \cdot 1 \cdot 6^2 = 36 \cdot K,$$

Демак, HCl концентрациясини 6M га ортиши билан реакция тезлиги 9 марта ортар экан.

**5-масала.** Ушбу  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  реакцияда мувозанат қарор топганда  $[\text{NO}] = 0,056M$ ,  $[\text{O}_2] = 0,028M$ ,  $[\text{NO}_2] = 0,044M$  бўлади. Реакциянинг мувозанат константасини ҳисоблаб топинг.

Ечиш. Массалар таъсири қонунига кўра, реакциянинг мувозанат константаси;

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}, \text{ яъни } K = \frac{0,044^2}{0,056^2 \cdot 0,028} = 22,2.$$

**6-масала.** Ушбу  $\text{H}_2 + \text{J}_2 \rightleftharpoons 2\text{HJ}$  реакцияда моддаларнинг концентрациялари:  $[\text{H}_2] = 6,34M$ ,  $[\text{J}_2] = 0,24M$ ,  $[\text{HJ}] = 6,18M$  бўлганда мувозанат қарор топади. Моддаларнинг дастлабки концентрацияларини аниқланг.

Ечиш. Реакция тенгламасига мувофиқ 1 молекула  $\text{H}_2$  ва 1 молекула  $\text{J}_2$  дан 2 молекула HJ ҳосил бўлади. Демак, 6,34 моль HJ ҳосил қилиш учун  $\frac{6,34}{2}M$   $\text{H}_2$  ва  $\frac{6,34}{2}M$   $\text{J}_2$  сарф бўлади. Шунга асосан, реакция учун олинган моддаларнинг дастлабки концентрациялари:

$$[\text{H}_2] = \frac{6,34}{2} + 6,18 = 9,35M \quad [\text{J}_2] = \frac{6,34}{2} + 0,24 = 3,41M$$

бўлади.

**7-масала.** Ушбу  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$  реакциясининг  $850^\circ\text{C}$  даги мувозанат константаси 1 га тенг. Реакция учун олинган моддаларнинг дастлабки концентрациялари  $[\text{CO}] = 0,02M$  ва  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,08M$ . Реакцияда иштирок этувчи моддаларнинг мувозанат вақтидаги концентрацияларини ҳисоблаб топинг.

Ечиш. Реакция тенгламасига мувофиқ, 1 моль CO ва  $\text{H}_2\text{O}$  дан 1 моль  $\text{CO}_2$  ва  $\text{H}_2$  ҳосил бўлади. Агар  $xM$  CO реакцияга киришган бўлса,  $\text{H}_2\text{O}$  дан ҳам  $xM$  реакцияга киришади, бунда  $xM$   $\text{CO}_2$  ва  $xM$   $\text{H}_2$  ҳосил бўлади. Шунинг учун моддаларнинг мувозанат вақтидаги концентрациялари қуйидагича бўлади:

$[\text{CO}] = 0,02 - x$ ;  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,08 - x$ ;  $[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = x$ . Бу катталикларни мувозанат константаси ифодасига қўйсак ( $K = 1$ );

$$\frac{x^2}{(0,02 - x)(0,08 - x)} = 1$$

бундан  $x = \frac{0,0016}{0,10} = 0,016M$  эканлиги келиб чиқади. Демак, моддаларнинг мувозанат вақтидаги концентрациялари

$$[\text{CO}] = 0,02 - 0,016 = 0,004M \quad [\text{H}_2\text{O}] = 0,08 - 0,016 = 0,064M \\ [\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,016M$$

**8-масала.** Ушбу  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$  реакциянинг мувозанат константаси 4 га тенг. Реакция учун 1 моль кислота ва 2 моль спирт олинса, неча моль эфир ҳосил бўлади?

Ечиш. Мувозанат вақтида  $x$   $M$  эфир ҳосил бўлса, реакция тенгламасига мувофиқ, мувозанат вақтида ҳосил бўлган моддаларнинг концентрацияси қуйидагича топилади;  $x$   $M$  эфир;  $x$   $M$  сув;  $(1-x)$   $M$  кислота;  $(2-x)$   $M$  спирт.

Реакциянинг мувозанат константаси

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} = K$$

тенгламасига моддаларнинг  $M$  қийматларини қўйсақ,  $K = 4$  бўлгани учун  $\frac{x^2}{(1-x)(2-x)} = 4$  бўлади; бундан  $x^2 = 4(1-x)(2-x)$ ,  $3x^2 - 12x + 8 = 0$ . Бу квадрат тенгламани ечсак:

$$x_{1,2} = \frac{12 \pm \sqrt{144 - 96}}{6} = \frac{12 \pm \sqrt{48}}{6}$$

бундан

$$x_1 = 3,154 \text{ моль/л}; \quad x_2 = 0,845 \text{ моль/л}$$

$x_1$  нинг қиймати масала шартини қаноатлантирмайди, чунки реакция учун олинган моддалар миқдори  $3M$  га тенг. Демак, реакция учун  $1M$  кислота,  $2M$  спирт олинса  $0,845M$  эфир ҳосил бўлади.

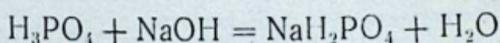
### Мустақил ечиш учун масалалар

1. Ушбу  $2A + 2B = C$  реакциянинг тезлик константаси  $0,5 \cdot 10^{-3}$  га тенг.  $[A] = 0,5 M$  ва  $[B] = 0,8 M$  бўлгандаги реакция тезлигини ҳисоблаб топинг.

2. Ушбу  $A + 2B = C$  реакция тезлиги  $[A] = 0,5 M$  га  $[B] = 0,6 M$  бўлганда  $0,018 M/\text{л} \cdot \text{мин}$  га тенг. Реакциянинг тезлик константасини ҳисоблаб топинг.

3. Қуйидаги реакция  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$  учун слинган моддаларнинг дастлабки концентрациялари мос равишда  $[\text{CO}] = 0,6 M$ ,  $[\text{H}_2] = 0,4 M$ ;  $[\text{CO}_2] = 2,4 M$  ва  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,8 M$  га сртганда тўғри реакция тезлиги неча марта сртади?

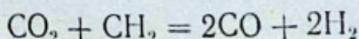
4. Қуйидаги реакцияда:



реакцияга киришувчи моддалар концентрациялари 4 марта камайтирилганда, реакция тезлиги қандай ўзгаради?

5. Газлар аралашмаси босими 3 марта оширилганда, берилган ушбу реакция  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  тезлиги қандай ўзгаради?

6. Газлар аралашмасининг босими 2 марта камайтирилса, қуйидаги реакция тезлиги қандай ўзгаради?



7. Ушбу реакция  $N_2 + O_2 = 2NO$  учун олинган моддаларнинг дастлабки концентрациялари  $[N_2] = 0,075 M$ ,  $[O_2] = 0,02 M$  ва  $[NO] = 0,007 M$  бўлганда, реакция учун олинган моддаларнинг концентрацияси қандай ўзгаради?

8. Берилган  $3A + 4B = C$  реакциядан  $A$  модда концентрацияси  $0,06 M$  га камайтирилса,  $B$  модда концентрацияси қандай ўзгаради?

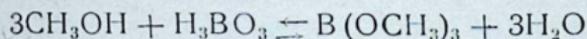
9. Берилган тенгламада қатнашувчи моддаларнинг бошланғич концентрациялари  $[N_2] = 1,2 M$ ,  $[H_2] = 2,2 M$  ва  $[NH_3] = 0$  га тенг эди. Аммиак концентрацияси  $0,4 M$  бўлганда, водород билан азот концентрацияси нечага тенг бўлади?

10. Қуйидаги реакцияда:



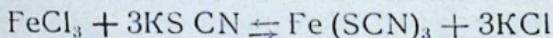
этил спирт концентрацияси 3 марта оширилса ва сирка кислота концентрацияси 2 марта камайтирилса, тўғри реакция тезлиги қандай ўзгаради?

11. Қуйидаги реакцияда:



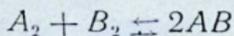
метил спирт концентрацияси  $0,3$  дан  $0,6 M$  гача ва борат кислота концентрацияси  $0,2$  дан  $1,2 M$  гача кўпайтирилса, тўғри реакция тезлиги қандай ўзгаради?

12. Қуйидаги реакцияда:



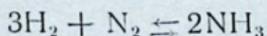
темир (III) - хлорид концентрацияси  $0,1$  дан  $0,3 M$  гача ва калий хлорид концентрацияси  $0,4$  дан  $1,2 M$  гача оширилса, реакция қайси йўналишда силжийди?

13. Қуйидаги газлар аралашмасида



газ босими:  $A$  2 марта ва  $B$  4 марта орттирилса, бу ҳслат системанинг йўналишига қандай таъсир этади?

14. Оғзи берк идишда олиб борилувчи ушбу реакцияда



босим 3 марта оширилса, реакция қайси йўналишда силжийди?

15. Ушбу  $H_3PO_4 + NaOH \rightleftharpoons NaH_2PO_4 + H_2O$  реакцияда иштирок этаётган моддаларнинг концентрациялари:

$[H_3PO_4] = 2M$ ,  $[NaOH] = 2M$  ва  $[NaH_2PO_4] = 0,8M$ .

Реакциянинг мувозанат константасини ҳисоблаб топинг?

16. Ушбу  $A + B = C + D$  тенглама билан ифодаланадиган реакциянинг мувозанат константаси  $5 \cdot 10^{-3}$  га тенг.  $A$ ,  $C$  ва  $D$  моддаларнинг мувозанат ҳолатидаги концентрациялари:

$[A] = 0,25M$ ,  $[C] = 0,15M$ ,  $[D] = 0,5M$ . В модданинг мувозанат ҳолатидаги концентрациясини аниқланг.

17. Ушбу  $CO_2 + CH_4 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$  реакциянинг мувозанат константаси 2 га тенг.  $CO_2$ ,  $CH_4$  ва  $CO$  нинг концентрациялари:  $[CO_2] = 1M$ ,  $[CH_4] = 0,5M$  ва  $[CO] = 0,5M$ .  $H_2$  нинг концентрациясини топинг.

18. Ушбу  $2KJ + Cl_2 \rightleftharpoons 2KCl + I_2$  реакциянинг мувозанат константаси муайян температурада 1,5 га тенг.  $KJ$  ва  $Cl_2$  нинг дастлабки концентрациялари  $[KJ] = [Cl_2] = 0,04M$  га тенг. Реакцияда иштирок этаётган моддаларнинг мувозанат вақтидаги концентрацияларини ҳисоблаб топинг.

19. Ушбу  $S + O_2 \rightleftharpoons SO_2$  реакцияда иштирок этувчи моддаларнинг концентрациялари:  $[S] = 0,08M$ ,  $[O_2] = 0,06M$  ва  $[SO_2] = 0,02M$  бўлганда реакцияда мувозанат қарор топади. Реакциянинг мувозанат константасини ва кислороднинг дастлабки концентрациясини ҳисоблаб топинг.

20. Ушбу  $4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + 2Cl_2$  реакция учун олинган моддалар концентрациялари  $[H_2O] = [Cl_2] = 0,28M$ ,  $[HCl] = 0,4M$  ва  $[O_2] = 0,32M$  бўлганда мувозанат қарор топади. Реакциянинг мувозанат константасини ва газлар аралашмасидаги кислороднинг дастлабки концентрациясини ҳисобланг.

21. Ушбу реакцияда  $C_2H_5OH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$  қатнашувчи моддалар концентрациялари:  $[C_2H_5OH] = 0,25M$ ;  $[CH_3COOH] = 0,25M$ ;  $[CH_3COOC_2H_5] = 0,75M$  ва  $[H_2O] = 0,75M$  бўлганда мувозанат юзага келади. Реакциянинг мувозанат константасини ҳисоблаб топинг.

22.  $NaCl$  ва  $H_2SO_4$  нинг қуйидаги реакциядаги  $NaCl + H_2SO_4 \rightleftharpoons NaHSO_4 + HCl$  концентрациялари мос равишда  $1M$  ва  $2,5M$  га тенг. Мувозанат қарор топгандан сўнг  $HCl$  концентрацияси  $0,75M$  га тенг бўлади. Мувозанат константасини ҳисоблаб топинг.

23. Ушбу реакциянинг  $A + B \rightleftharpoons D + E$  мувозанат константаси 0,8 га тенг. Тўғри ва тесқари

реакциялар тезлик константалари ўзаро қандай боғланишда эканлигини топинг.

24. Қуйидаги реакциянинг  $A + B \rightleftharpoons D + E$  мувозанат константаси 4 га тенг. Тўғри ва тескари реакцияларнинг тезлик константаларини солиштиринг.

25. Ушбу реакцияда  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$  концентрациялар:  $[CO] = 0,35M$ ,  $[Cl_2] = 0,85M$  ва  $[COCl_2] = 1,2M$  бўлганда, мувозанат қарор топади.  $[CO]$  ва  $[Cl_2]$  нинг дастлабки концентрацияларини ҳисобланг.

26. Ушбу реакциянинг  $KCl + H_2SO_4 \rightleftharpoons KHSO_4 + HCl$  мувозанат константаси маълум шароитда 9 га тенг. Агар  $[KCl] = 2M$  бўлган ҳолда  $[H_2SO_4]$  миқдори  $1M$ ,  $2M$ ,  $3M$  ва ҳоказо миқдорда (яъни реакция учун унинг кераги бўлмагунча) оширилса, реакция маҳсулоти қандай ўзгаради?

27. Ушбу реакциянинг  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$   $850^\circ C$  даги мувозанат константаси 1 га тенг. Агар реакцияга киришувчи моддалар концентрациялари  $[CO_2] = 0,1M$  ва  $[H_2] = 0,2M$ ,  $[CO]$  ҳамда  $[H_2O]$  концентрациялари қандай қийматга эга бўлганда мувозанат қарор топади?

28.  $0,5M$   $100$  мл  $A$  модда эритмаси билан  $0,3M$   $400$  мл  $B$  модда эритмаси аралаштирилганда, улар ўзаро қуйидагича реакцияга киришади:



Реакциянинг мувозанат константаси 5 га тенг.  $D$  ва  $E$  моддаларнинг концентрацияларини ҳисобланг.

**2-§. Активлик. Активлик коэффициенти ва ион кучи.** Ионлараро куч эритманинг электр ўтказувчанлигини пасайтирибгина қолмай, балки осмотик босим катталигига, музлаш ва қайнаш температурасига ҳамда ионларнинг химиявий реакцияга киришиш хусусиятига ҳам таъсир этади.

Ҳозирги вақтда бу хусусиятни характерлаш учун *активлик* термини ишлатилади. Ионнинг активлиги ( $a$ ) деганда, унинг шундай эффектив тажрибада аниқланадиган концентрациясини тушунмоқ керакки, у химиявий реакцияларда ана шу концентрацияга мувофиқ таъсир кўрсатади.

Чексиз суюлтирилган эритмаларда активлик концентрацияга тенг:

$$a = c \quad (1.6)$$

Реал эритмаларда ионлараро кучнинг таъсири туфайли активлик концентрациядан кичик бўлади. Буни ха-

рактарлаш учун *активлик коэффициент* деган тушунча киритилган.

Активликни ионнинг ҳақиқий концентрациясига нисбати *активлик коэффициенти* ( $f$ ) дейилади:

$$f = \frac{a}{c} \quad (1.7)$$

Демак, активлик сон жиҳатидан концентрация билан активлик коэффициенти ( $f$ ) кўпайтмасига тенг:

$$a = c \cdot f \quad (1.8)$$

Ионларнинг активлик коэффициенти фақат эритмадаги электролитнинг концентрациясига боғлиқ бўлиб қолмай, балки шу эритмадаги ташқи ионлар концентрациясига ҳам боғлиқдир. Шу ионларнинг ўзаро таъсир кучини ифодаловчи катталиқ *ион кучи* деб аталади. Эритманинг ион кучи ( $\mu$ ) эритмадаги барча ионлар концентрациялари билан зарядлари квадрати кўпайтмаси йигиндисининг ярмига тенг, яъни:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_n Z_n^2) \quad (1.9)$$

бу ерда  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — эритмадаги ҳар бир ионнинг концентрацияси (г-ион/л);  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  — ионларнинг зарядлари.

Умумий ҳолда:

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 \quad (1.10)$$

*Ион кучи ортиши билан эритмада активлик коэффициенти камая боради.* Аммо маълум бир минимал қийматга эришгандан сўнг ион кучи ортиши билан активлик коэффициенти ҳам орта боради.

Эритманинг ион кучи билан активлик коэффициенти орасидаги математик боғланишни 1923 йилда П. Дебай ва Е. Хюккель аниқлаган. Эритманинг концентрациясига қараб, бу боғланиш турлича ифодаланadi. Суюлтирилган эритмалар учун  $f = 1$ , яъни  $\mu \leq 0,01$  (0,01 — 0,05 н) қуйидаги формулага мос келади:

$$\lg f = -0,5 Z^2 \sqrt{\mu} \quad (1.11)$$

Юқори концентрациядаги эритмалар (0,1 — 0,5 н) учун эса  $0,5 \geq \mu \geq 0,01$  активлик коэффициенти қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\lg f = - \frac{0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} \quad (1.12)$$

Кучли концентрланган эритмалар учун формула бир оз мураккаблашади:

$$\lg f = - \frac{0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu}}{1 + a \cdot 0,33 \cdot 10^8 \sqrt{\mu}} + A$$

бунда  $a$ —шу ион радиуси, см,  $A$ —эмпирик коэффициент.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.** 1 л 0,01 моль  $\text{BaCl}_2$  ва 0,1 моль  $\text{NaNO}_3$  аралашмасидан иборат бўлган эритманинг ион кучини ҳисобланг.

Ечиш:

$$\mu = \frac{1}{2} ([\text{Ba}^{++}] \cdot 2^2 + [\text{Cl}^-] \cdot 1^2 + [\text{Na}^+] \cdot 1^2 + [\text{NO}_3^-] \cdot 1^2)$$

$[\text{Cl}^-] = 2[\text{Ba}^{++}] = 2 \cdot 0,01$  г-ион/л бўлгани учун

$$\mu = \frac{1}{2} (0,01 \cdot 2^2 + 2 \cdot 0,01 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,13$$

**2-масала.** 0,05 М  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  нинг сувдаги эритмасидаги  $\text{Al}^{3+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлари активлигини ҳисобланг.

Ечиш. Берилган туз кучли электролит бўлгани учун алюминий ионининг моляр ёки г-ион концентрацияси  $C_{\text{Al}^{3+}} =$

$$= 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ г-ион/л ва сульфат иониники } C_{\text{SO}_4^{2-}} = 3 \cdot 0,05 = 0,15 \text{ г-ион/л. Эритманинг ион кучи}$$

$$\mu = \frac{1}{2} (0,1 \cdot 3^2 + 0,15 \cdot 2^2) = 0,75$$

Активлик коэффициенти бу ҳолатда қуйидагича ҳисобланади;

$$\lg f_{\text{Al}^{3+}} = \frac{-0,5 \cdot 9 \sqrt{0,75}}{1 + \sqrt{0,75}} = -2,092 = -3,908$$

Активлик коэффициенти қийматининг антилогарифмаси:

$$f_{\text{Al}^{3+}} = 0,00955$$

бўлади.

$$a_{\text{SO}_4^{2-}} = C \cdot f = 0,1 \cdot 0,00955 = 0,000955 \text{ г-ион/л} = 0,955 \cdot 10^{-3} \text{ г-ион/л}$$

$$\lg f_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{-0,5 \cdot 4 \sqrt{0,75}}{1 + \sqrt{0,75}} = -0,929 = 1,071, \quad f_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,1177$$

$$a_{\text{SO}_4^{2-}} = C \cdot f = 0,15 \cdot 0,1177 = 0,17655 = 1,7655 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л}$$

**3-масала.** Юқорида келтирилган масаладаги алюминий сульфат эритмасида 0,006 М  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  бўлса, алюминий ионининг активлиги қандай ўзгаради?

Ечиш. Бунинг учун эритманинг умумий ион кучини ҳисоблаш керак:

$$\mu = \frac{1}{2} (0,1 \cdot 3^2 + 0,15 \cdot 2^2 + 0,012 \cdot 1^2 + 0,006 \cdot 2^2) = 0,768$$

Демак,

$$\lg f_{\text{Al}^{3+}} = \frac{-0,5 \cdot 3^2 \sqrt{0,768}}{1 + \sqrt{0,768}} = -2,144 = \bar{3},856$$

бундан

$$f_{\text{Al}^{3+}} = 0,00718 \text{ ва } a_{\text{Al}^{3+}} = 0,1 \cdot 0,00718 = 7,18 \cdot 10^{-4} \text{ г} \doteq \text{ион/л}$$

Яъни 0,006M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  иштирокида алюминий ионининг активлиги пасаяр экан.

### Мустақил ечиш учун масалалар

29. 1000 мл 0,01M  $\text{CaCl}_2$  ва 0,1M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  аралашмасидан иборат бўлган эритманинг ион кучини ҳисобланг.

30. 0,001M 1 л  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  эритмасидаги ионлар активлигини ҳисобланг.

31. 0,01M  $\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_3$  эритмасидаги ионларнинг активлик коэффициенти ва активлиги ҳисоблансин.

32. Қуйидаги эритмаларнинг ион кучини ҳисобланг:

а) 0,1M  $\text{HCl}$ ; б) 0,5M  $\text{HCl}$ ; в) 1M  $\text{HNO}_3$ ; г) 1M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; д) 0,3M  $\text{AlCl}_3$ ; е) 0,5M  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

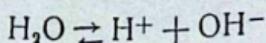
33. 0,01M  $\text{CaCl}_2$  эритмасидаги  $\text{Ca}^{++}$  ва  $\text{Cl}^-$  ионларининг активлигини ҳисобланг.

34. 1 л ҳажмдаги а) 0,1 моль  $\text{KCl}$ ; б) 0,1 моль  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; в) 0,1 моль  $\text{MgSO}_4$ ; г) 0,01 моль  $\text{K}_2\text{SO}_4$  билан 0,01 моль  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  эритмаларида ион кучи нимага тенг?

35. 0,1н  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмасига 0,5н  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмаси аралаштирилди. Эритмадаги  $\text{OH}^-$  ионлари активлигини ҳисобланг ва уни аралашмада аммоний тузи бўлмаган ҳолатдаги ионлар активлиги билан солиштиринг. Эритмада аммоний тузларининг мавжуд бўлиши  $a_{\text{OH}^-}$  қийматига қандай таъсир қилади?

## II боб. СУВДАГИ ЭРИТМАЛАРДА ХИМИЯВИЙ МУВОЗАНАТ

1-§. Сувнинг ион кўпайтмаси. Водород кўрсаткич (pH). Сув кучсиз электролит бўлиб, у қуйидаги ионларга ажралади:



Тенгламадан кўриниб турибдики, сув ҳам кислота, ҳам асос хоссаларини намоён қилади.

Сувнинг ионланиш даражаси жуда кичик. Масалан, 25°C да 1 л сувнинг 1:10000000 (ёки  $10^{-7}$ ) молигина ионларга ажралади.

Демак,  $H^+$  ва  $OH^-$  ионларининг концентрацияси  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$  г-ион/л (25°C да).

Массалар таъсири қонунига асосан:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]} = 1,8 \cdot 10^{-16} \quad (2.1)$$

Бунда  $K$  — сувнинг электролитик диссоциланиш константаси.  $H_2O$  ни ўнг томонга ўтказиб, тенгламани содалаштирамиз:

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K \cdot [H_2O]$$

Маълумки, 1 л сувнинг (25°C да) массаси 997 г, молекуляр массаси эса 18;02. 1 л сувда  $H_2O$  нинг моллар сони (25°C да)

$$[H_2O] = \frac{997,8}{18,02} = 55,37$$

га тенг.

Бу қийматни тенгламага қўйсак:

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K \cdot [H_2O] = K \cdot 55,37 = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,5 \approx 1 \cdot 10^{-14}$$

$[H^+] \cdot [OH^-]$  кўпайтма сувнинг ион кўпайтмаси дейилади ва  $K_{H_2O}$  билан белгиланади. Бу қиймат сувнинг электролитик диссоциланиш константасидан 55,37 марта катта, яъни:

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O} = 10^{-14} \quad (2.2)$$

$K_{H_2O}$  — температурага боғлиқ бўлиб, температура ортиши билан унинг миқдори орта боради.

Сув ионларининг кўпайтмаси, яъни

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O} \quad (2.3)$$

тенгласининг маъноси қуйидагича:  $H^+$  ёки  $OH^-$  ионларининг концентрациялари қанчалик ўзгармасин, уларнинг кўпайтмаси ҳар қандай сувли эритмада (25°C) ўзгармас қиймат ( $10^{-14}$ ) га тенг бўлади.

Агар тоза сувга бирорта кислота қўшиб, эритмадаги  $H^+$  ионлари концентрацияси  $10^{-7}$  дан неча марта оширилса,  $OH^-$  ионлари концентрацияси шунча марта камаяди, яъни  $10^{-7}$  дан камаяди. Демак, кислотали эритмаларда:

$$[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$$

Ишқорий эритмаларда:

$$[\text{OH}^-] > 10^{-7} > [\text{H}^+]$$

Нейтрал эритмада:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$$

Ҳозирги вақтда  $\text{H}^+$  ионларининг концентрациясини ифодалашда бу катталиқнинг манфий логарифмидан фойдаланилади. Бу қиймат *водород кўрсаткичи* деб аталади ва рН билан белгиланади;

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = \lg \frac{1}{[\text{H}^+]} \quad (2.4)$$

Тенгламадан

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Тоза сув учун

$$[\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ г-ион/л}$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = -\lg 10^{-7} = 7.$$

Худди шунингдек,

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-] = \lg \frac{1}{[\text{OH}^-]} = -\lg 10^{-7} = 7 \quad (2.5)$$

рОН — гидроксил кўрсаткичи дейилади.

Нейтрал эритмаларда:  $\text{pH} = \text{pOH} = 7$

Кислотали эритмаларда:  $\text{pH} > \text{pOH}$ ;  $\text{pH} < 7$

Ишқорий эритмаларда:  $\text{pH} < \text{pOH}$ ;  $\text{pH} > 7$

Агар  $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}}$  тенгламани логарифмласак ва логарифм белгиларини уларнинг тескари ишоралари билан алмаштирсак:

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} = 14 \quad (25^\circ \text{C да}) \quad (2.6)$$

ни ҳосил қиламиз. Бунда  $\text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} = -\lg K_{\text{H}_2\text{O}} = -\lg \cdot 10^{-14} = 14$ . Бундан ҳар қандай сувли эритма қуйидаги нисбатга тенг деган хулоса келиб чиқади:

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} - \text{pOH} = 14 - \text{pOH} \quad (25^\circ \text{C да}) \quad (2.7)$$

Юқоридики келтирилган формулалар ёрдамида ҳар хил эритмаларда ( $\text{H}^+$  ни рН га ва, аксинча, рН ни  $\text{H}^+$  га айлантириб ёки  $\text{OH}^-$  ни рОН ва, аксинча рОН ни  $\text{OH}^-$  га айлантириб) ҳисоблашга доир масалалар ечилади. Худди шунга ўхшаш кислота ёки асос эритмаларининг  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{OH}^-]$  ва рН (рОН) қийматларини ҳам ҳисоблаш мумкин.

### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. Эритмадаги  $H^+$  иони концентрацияси  $5 \cdot 10^{-2}$  га тенг. Эритманинг рН нини ҳисобланг.

Ечиш.

$$pH = -\lg [H^+] = -\lg 5 \cdot 10^{-2} = -\lg 5 - \lg 10^{-2} = -\lg 5 + 2 = 2 - 0,7 = 1,3$$

2-масала. рН = 2,3 га тенг бўлган эритмадаги  $H^+$  иони концентрациясини ҳисобланг.

Ечиш.  $[H^+] = 10^{-pH}$  га асосан:  $[H^+] = 10^{-2,3} = 10^{-3} \cdot 10^{0,7} = 10^{-3} x$ ;

$$\lg x = 0,7; \quad x = 5,0; \quad [H^+] = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ г} = \text{ион/л}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

36. Эритмадаги  $H^+$  ионлари концентрацияси  $1,3 \cdot 10^{-5}$  га тенг. Эритманинг рН нини ҳисобланг.

37. Эритмадаги  $H^+$  ионлари концентрацияси 0,0001 г-ион/л га тенг. Эритманинг рН нини ҳисобланг.

38. Эритмадаги  $OH^-$  ионлари концентрацияси  $1,7 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л га тенг. Эритманинг рОН нини ҳисобланг.

39. Эритмадаги  $OH^-$  ионлари концентрацияси 1,92  $\cdot 10^{-9}$  г-ион/л га тенг. Эритманинг рН нини ҳисобланг.

40. Эритманинг рН қиймати 12 га тенг. Эритмадаги  $H^+$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

41. Эритманинг рН қиймати 6 га тенг. Эритмадаги  $OH^-$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

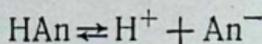
2-§. Кучсиз электролитларнинг сувдаги эритмаларида мувозанат. Диссоциланиш даражаси эритилган электролитларнинг умумий миқдори ( $C_{ум.}$ ) дан қанча қисми ионларга ажралганини ( $C_{дис.}$ ) кўрсатувчи сон *электролитик диссоциланиш даражаси* дейилади ва  $\alpha$  билан белгиланади:

$$\alpha = \frac{C_{дис.}}{C_{ум.}} \quad (2.8)$$

Электролитик диссоциланиш даражаси кучли электролитларда бирга тенг, кучсизларида эса бирдан кичик бўлади.  $C_{дис.} = C_{ум.}$  бўлганда  $\alpha = 1$  га тенг бўлади. Яъни электролит тўлиқ диссоциланади (100%). Агар  $\alpha = 0$  бўлса, электролит ионларга ажралмайди.

Электролитик диссоциланиш даражасини ҳисоб-

лаш. Бирор кучсиз электролит  $\text{HAn}$  ни  $\text{H}^+$  ва  $\text{An}^-$  ионларига диссоциланишини қуйидагича ёзиш мумкин:



массалар таъсири қонунига асосан

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{An}^-]}{[\text{HAn}]} = K_{\text{HAn}} \quad (2.9)$$

Олинган электролит молекулаларининг фақат бир қисмини ( $\alpha$ ) диссоциланишини ҳисобга олган ҳолда ҳосил бўлган ионлар концентрациясини топсак,

$$[\text{H}^+] = \alpha C_{\text{ум}}; \quad [\text{An}^-] = \alpha C_{\text{ум}}$$

деб ёзиш мумкин.

$C_{\text{ум}}$  берилган  $\text{HAn}$  электролитнинг умумий концентрацияси.

Агар бинар электролит  $\text{HAn}$  типдаги молекула бўлса,  $\text{HAn}$  нинг ҳар бир молекуласи биттадан катион ( $\text{H}^+$ ) ва анион ( $\text{An}^-$ ) ҳосил қилади, шунинг учун электролитнинг диссоциланмай қолган қисми концентрациясини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$[\text{HAn}] = C_{\text{ум}} - [\text{H}^+] = C_{\text{ум}} - [\text{An}^-] = C_{\text{ум}} - \alpha C_{\text{ум}}$$

Бу қийматларни (2.9) тенгламага қўйсак;

$$\frac{\alpha C_{\text{ум}} \cdot \alpha C_{\text{ум}}}{C_{\text{ум}} - \alpha C_{\text{ум}}} = \frac{\alpha^2 C_{\text{ум}}^2}{C_{\text{ум}} (1 - \alpha)} = \frac{\alpha^2 C_{\text{ум}}}{1 - \alpha} = K_{\text{HAn}} \quad (2.10)$$

Бу тенглама суюлтириш қонунини ифодалаб, кучсиз электролитларнинг диссоциланиш даражаси эритмани суюлтириш билан ортишини кўрсатади, яъни  $\alpha^2 C_{\text{ум}}$  га тескари пропорционалдир.

Агар диссоциланиш константаси маълум бўлса, юқоридаги тенгламадан  $\alpha$  ни ҳисоблаш мумкин:

$$\alpha = \frac{-K_{\text{HAn}} \pm \sqrt{K_{\text{HAn}}^2 + 4K_{\text{HAn}} \cdot C_{\text{ум}}}}{2C_{\text{ум}}} \quad (2.11)$$

Кучсиз электролитларнинг суюлтирилган эритмаларида  $\alpha$  жуда кичик қийматга эга бўлгани учун,  $1 - \alpha$  бирга яқинлашиб боради. Бундай ҳол учун (2.10) тенгламани  $\alpha^2 C_{\text{ум}} = K_{\text{HAn}}$  деб ёзиш мумкин. Бундан

$$\alpha^2 = \frac{K_{\text{HAn}}}{C_{\text{ум}}},$$

ёки

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{HAn}}}{C_{\text{ум}}}}$$

ёки бошқача

$$\alpha = \sqrt{D \cdot K_{\text{HAn}}} \quad (2.12)$$

бунда  $D = \frac{1}{C_{\text{ум}}}$  — концентрациянинг тескари қиймати бўлиб, у суюлтириш деб аталади. Бу тенгламадан фақат бинар электролитлар учун қўлланилади.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.** Гипохлорит кислотанинг ( $\text{HClO}$ ) 0,1 н эритмасидаги диссоциланиш даражасини ҳисобланг ( $K_{\text{HClO}} = 3,0 \cdot 10^{-8}$ ).

Ечиш.  $K = \alpha^2 \cdot C$  дан фойдаланиб, диссоциланиш даражасини ҳисоблаймиз:  $3,0 \cdot 10^{-8} = \alpha^2 \cdot 0,1$  бундан

$$\alpha = \sqrt{\frac{3,0 \cdot 10^{-8}}{0,1}} = 5,5 \cdot 10^{-4}$$

ёки 0,055 % бўлади.

**2-масала.** 0,1 M фосфат кислота эритмасининг диссоциланиш константаси биринчи босқич учун  $K_1 = 1 \cdot 10^{-2}$  га тенг, шу босқич учун диссоциланиш даражасини ҳисоблаб топинг.

Ечиш.  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4$

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1 - \alpha} \text{ дан } \alpha^2 = \frac{K(1 - \alpha)}{C}$$

Агар тенгламага масала шартдаги қийматларни қўйсак,

$$\alpha^2 = \frac{1 \cdot 10^{-2} (1 - \alpha)}{0,1}$$

$$\alpha^2 + 0,1\alpha - 0,1 = 0$$

$$\alpha = \frac{0,1}{2} \pm \sqrt{\frac{0,01}{4} + 0,1} = -0,05 + 0,3 = 0,26$$

Демак,

$$\alpha = 0,26 \text{ (ёки 26\%)}$$

**3-масала.** Цианид кислота ( $\text{HCN}$ ) 0,001 M эритмасининг диссоциланиш константасини ҳисоблаб топинг:  $\alpha_{\text{HCN}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$

Ечиш:  $K = \alpha^2 \cdot C$  дан фойдаланиб,  $K$  ни топамиз:

$$K = (2,5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,001 = 6,25 \cdot 10^{-10}$$

Демак,  $K_{\text{HCN}} = 6,25 \cdot 10^{-10}$

### Мустақил ечиш учун масалалар

42. 0,0001н аммоний гидроксид эритмасининг диссоциланиш константаси  $1,8 \cdot 10^{-5}$  га тенг эканлигидан фойдаланиб, унинг диссоциланиш даражасини ҳисоблаб толинг.

43. Сирка кислотанинг 0,1 М эритмасида  $H^+$  ионлари концентрацияси  $1,3 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л га тенг. Шу кислотанинг диссоциланиш константаси ва даражасини ҳисобланг.

44. 0,1 М сирка кислота эритмасининг диссоциланиш даражасини ҳисобланг ( $K_{CH_3COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

45. 0,04 М  $HCOOH$  эритмасининг рН қиймати 2,37 га тенг. Шу кислотанинг диссоциланиш константасини ҳисобланг.

46. 0,3 М  $NH_3$  эритмасининг диссоциланиш даражаси  $\alpha = 0,77$ . Шу эритманинг диссоциланиш константасини ҳисобланг.

47. 0,1 М  $CH_3COOH$  эритмасига рН = 0,8 га тенг бўлгунча  $HCl$  эритмасидан қўшилди. Эритмадаги ацетат ионлари концентрацияси ва  $CH_3COOH$  нинг диссоциланиш даражасини ҳисобланг.

48. 0,1 М  $NH_3$  эритмасига рН = 12,6 бўлгунча  $NaOH$  қўшилди. Шу эритмадаги  $NH_4^+$  ионлари концентрациясини ҳамда  $NH_4OH$  нинг диссоциланиш даражасини ҳисобланг.

49.  $10^{-5}$  М метилоранж эритмасига: 1) 0,01 моль/л  $HCl$ ; 2) 0,1 моль/л  $CH_3COOH$  ва 0,1 моль/л  $CH_3COONa$  қўшилди. Эритмалардаги метилоранжнинг диссоциланиш даражасини ҳисобланг.

50.  $10^{-6}$  М метил қизили эритмасига: 1) 0,05 моль/л  $HCl$ ; 2) 0,001 моль/л  $HCl$  қўшилди. Шу эритмалардаги метил қизилининг диссоциланиш даражасини ҳисобланг.

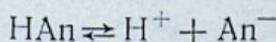
51. Активлик коэффициентини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги эритмаларнинг диссоциланиш даражаси ва рН ини ҳисобланг: 1) 0,1 М  $HF$ ; 2)  $10^{-3}$  М  $HCl$ ; 3) 0,2 М  $H_2SO_4$ ; 4) 0,1 М  $H_3PO_4$ ; 5) 0,1 М  $CH_3COOH$ ; 6) 0,1 М  $HCOOH$ ; 7) 0,1 М  $H_2S$ .

52. Қуйидаги эритмалар иштирокида 0,1 М  $CH_3COOH$  эритмасининг диссоциланиш даражаси ва рН ини ҳисобланг: 1) 0,1 М  $NaCl$ ; 2) 0,8 М  $NaCl$ ; 3) 0,05 М  $CaCl_2$ ; 4) 0,2 М  $CaCl_2$ ; 5) 0,05 М  $AlCl_3$ ; 6) 0,1 М  $AlCl_3$ ; 7) 0,02 М  $Al_2(SO_4)_3$ .

3-§. Кислота ва асосларнинг сувдаги эритмалари-

да водород ионлари концентрацияси. Кучли кислота эритмаларидаги водород ионлари концентрацияси. Кучли кислоталар асosan галоген-водородлар ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ , ...) сульфат, нитрат, хлорат ( $\text{HClO}_3$ ), перхлорат ( $\text{HClO}_4$ ) ва бошқалар киреди.

Бир асосли кучли кислота ( $\text{HAn}$ ) қуйидагича диссоциланади:



Бизга маълумки, кучли кислоталар сувдаги эритмаларида амалий жиҳатдан тўлиқ диссоциланади. Демак, водород ионларининг активлиги:

$$a_{\text{H}^+} = C_{\text{HAn}} \cdot f_{\text{H}^+},$$

бунда  $C_{\text{HAn}}$  — кислотанинг моляр концентрацияси,

$f_{\text{H}^+}$  — водород ионининг активлик коэффициентини.

Агар  $f_{\text{H}^+} = 1$  бўлса (электролит жуда суюлтирилган бўлса), у ҳолда

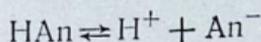
$$a_{\text{H}^+} = C_{\text{HAn}} = [\text{H}^+]$$

Масалан: 0,01 н  $\text{HCl}$  эритмасидаги водород иони концентрациясини ҳисобланг.

$C_{\text{HCl}} = 0,01$  н бўлгани учун кислота амалий жиҳатдан тўлиқ диссоциланган. Бундан  $C_{\text{HCl}} = 0,01$ ,  $f_{\text{H}^+} = 0,89$  (иловадаги 2 - жадвалга қаранг) эканлигини ҳисобга олсак,  $a_{\text{H}^+} = C_{\text{HCl}} \cdot f_{\text{H}^+} = 0,01 \cdot 0,89 = 0,0089$  г-ион/л =  $8,9 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.

Кучсиз бир асосли кислота ва асос эритмаларида водород ҳамда гидроксил ионлари концентрацияси. Кислота формуласини  $\text{HAn}$ , унинг эритмадаги концентрациясини  $C$  ва диссоциланиш константасини  $K_{\text{HAn}}$  билан белгилаймиз.

Кислота қуйидагича диссоциланади:



Кучсиз электролитларнинг суюлтирилган эритмаларида активлик коэффициентини бирга тенг деб қабул қилиниб, унинг диссоциланиш константасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$K_{\text{HAn}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{An}^-]}{[\text{HAn}]} \quad (2.14)$$

Кислотанинг диссоциланган молекулалари концентрациясини  $x$  билан белгиласак,

$$[\text{H}^+] = x \text{ ва } [\text{An}^-] = x$$

бўлади. У ҳолда бир асосли кислоталарда  $[H^+] = [An^-] = x$  бўлгани учун кислотанинг диссоциланмаган молекулалари қиймати  $C - x$  га тенг бўлади:

$$K_{HAn} = \frac{x \cdot x}{C - x} = \frac{x^2}{C - x} \quad (2.15)$$

Тенгламадан  $x$  ни топсак,

$$x^2 + K_{HAn} \cdot x - K_{HAn} \cdot C = 0$$

бундан

$$x = \frac{K_{HAn}}{2} + \sqrt{\frac{K_{HAn}^2}{4} + K_{HAn} \cdot C}$$

Демак, бир асосли кучсиз кислотада водород ионлари концентрацияси

$$[H^+] = -\frac{K_{HAn}}{2} + \sqrt{\frac{K_{HAn}^2}{4} + K_{HAn} \cdot C} \quad (2.16)$$

га тенг экан.

Агар жуда кучсиз кислота молекуласининг диссоциланган қисми унинг умумий концентрациясига нисбатан жуда кичик бўлса,  $C - x = C_{HAn}$  деб қабул қилиниши мумкин. Бу ҳисобга олинса, (2.15) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$K_{HAn} = \frac{x^2}{C_{HAn}} \quad (2.17)$$

бундан

$$x = \sqrt{K_{HAn} \cdot C_{HAn}}$$

яъни

$$[H^+] = \sqrt{K_{HAn} \cdot C_{HAn}} \quad (2.18)$$

Бу тенгламани логарифмласак,

$$\lg[H^+] = \frac{1}{2} \lg K_{HAn} + \frac{1}{2} \lg C_{HAn} \quad (2.19)$$

ёки

$$pH = \frac{1}{2} pK_{HAn} - \frac{1}{2} \lg C_{HAn} \quad (2.20)$$

Худди шунингдек бир кислотали асос учун гидроксил иони концентрацияси:

$$[OH^-] = -\frac{K_{MeOH}}{2} + \sqrt{\frac{K_{MeOH}^2}{4} + K_{MeOH} \cdot C_{MeOH}} \quad (2.21)$$

ёки қисқартирилган ҳолда

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{MeOH}} \cdot C_{\text{MeOH}}}$$

ва

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{MeOH}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{MeOH}} \quad (2.22)$$

бунда MeOH — асос формуласи;

$K_{\text{MeOH}}$  — асоснинг диссоциланиш константаси;

$C_{\text{MeOH}}$  — асос концентрацияси.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1- масала.** 0,1н  $\text{CH}_3\text{COOH}$  эритмасидаги  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясини ҳисобланг ( $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

Е ч и ш. Ушбу масалани ечишда (2.16) тенгламадан фойдаланамиз:

$$[\text{H}^+] = -\frac{K_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{2} + \sqrt{\frac{K_{\text{CH}_3\text{COOH}}^2}{4} + K_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot C_{\text{CH}_3\text{COOH}}} =$$

$$= -0,9 \cdot 10^{-5} + \sqrt{0,81 \cdot 10^{-10} + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ г-ион/л.}$$

**2- масала.** 0,05н NaOH эритмасида  $\text{OH}^-$  иони активлиги ва шу эритма pH ини ҳисобланг.

Е ч и ш.  $\text{OH}^-$  ионларининг эритмадаги активлиги:

$$a_{\text{OH}^-} = C_{\text{MeOH}} \cdot f_{\text{OH}^-} = 0,05 \cdot 0,81 = 0,0405 = 4,05 \cdot 10^{-2}.$$

Бундан эритма гидроксил кўрсаткичини ҳисобласак:

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 4,05 \cdot 10^{-2} = 2 - \lg 4,05 = 1,39$$

Ва ниҳоят

$$\text{pH} = 14 - 1,39 = 12,61$$

Демак,  $a_{\text{OH}^-} = 4,05 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $\text{pH} = 12,61$ .

**3- масала.** 0,3н аммиак эритмасидаги  $\text{OH}^-$  иони концентрацияси ва pH ини ҳисобланг.

Е ч и ш. Эритмадаги гидроксил ионлари концентрацияси:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot C_{\text{NH}_4\text{OH}}} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^{-1}} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ г-ион/л.}$$

Эритма гидроксил кўрсаткичи:

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 2,3 \cdot 10^{-3} = 3 - \lg 2,3 = 2,64$$

водород кўрсаткичи эса

$$\text{pH} = 14 - 2,64 = 11,36.$$

*Мустақил ечиш учун масалалар*

**53.** а) 0,005н HCl ва б) 0,015н KOH эритмаларининг pH и нимага тенг?

54. Икки эритманинг рНи мос равишда: а) 2,63; б) 12,45 га тенг. Бу эритмалардаги  $H^+$  ва  $OH^-$  ионлари концентрациялари қийматини ҳисобланг.

55. 0,5М сирка кислота эритмасидаги  $H^+$  исни ксн-центрациясини ҳисобланг.

56. 0,1М борат кислота эритмасидаги  $H^+$  иони ксн-центрациясини ҳисобланг.

57. 0,001М цианид кислота эритмасининг рНи нимага тенг?

58. 0,5М дихлор сирка кислота эритмасининг рН қий-матини ҳисобланг.

59. 0,03М чумоли кислота эритмасидаги  $OH^-$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

60. 0,05М  $HNO_2$  эритмасидаги  $H^+$  ва  $OH^-$  ислари концентрациясини ҳисобланг.

61. 0,05М метиламин эритмасининг рНи ва эритмадаги  $OH^-$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

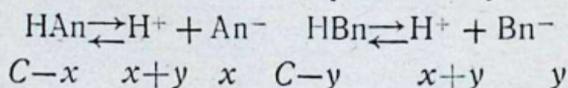
62. 0,02М оксалат кислота эритмасидаги  $H^+$  ислари концентрацияси ҳамда рН ини ҳисобланг.

63. Ортофосфат кислотанинг 0,03М эритмасидаги  $H^+$  ионлари концентрацияси ва рН ини ҳисобланг.

64. 0,2М сульфид кислота эритмасидаги сульфид ионлари концентрациясини ҳисобланг.

65. 0,035М сульфид кислота эритмасидаги сульфид ионлари концентрациясини ҳисобланг.

Бир асосли иккита кучсиз кислота ара-лашмасидаги водород ионлари концент-рацияси. Бир асосли иккита кучсиз кислота эритмасининг диссоциланиш констанга ва водород иони конценграция-ларини мос равишда  $K_{HAn}$ ,  $K_{HВn}$ ,  $[H^+]_{HAn}$  ва  $[H^+]_{HВn}$  билан, ҳар бир кислота конценграциясини  $C$  билан; водо-род ионлари концентрациясини эса бириникини  $x$  ва иккинчисиникини  $y$  билан белгилаб, уларнинг диссоци-ланишини қуйидаги схемада ифодалаш мумкин:



Бунда кислоталар аралашмаси (эритмаси)даги водород ионлари конценграцияси  $x+y$  га тенг бўлиб, кислота-ларнинг диссоциланиш константалари:

$$K_{HAn} = \frac{x(x+y)}{C-x}; \quad K_{HВn} = \frac{y(x+y)}{C-x} \quad (2.23)$$

$C-x$  ва  $C-y$  ларни  $C$  га тенг деб қабул қилиш мум-кинлигидан бу икки тенгликни ҳадлаб қўшамиз:

$$K_{\text{HAln}} + K_{\text{HВn}} = \frac{x(x+y) + y(x+y)}{C} = \frac{(x+y)^2}{C} \quad (2.24)$$

бундан

$$x + y = \sqrt{(K_{\text{HAln}} + K_{\text{HВn}}) \cdot C} \quad (2.25)$$

Шундай қилиб, бундай эритмаларда водород ионлари концентрацияси:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{(K_{\text{HAln}} + K_{\text{HВn}}) \cdot C} \quad (2.26)$$

*Масалалар ечишга доир намуналар*

*1-масала.* Эритмада 0,2 М метамишьяк ва 0,2 М цианид кислота бор ( $K_{\text{HAsO}_2} = 6,0 \cdot 10^{-10}$  ва  $K_{\text{HCN}} = 7,0 \cdot 10^{-10}$ ). Шу эритмадаги водород ионлари концентрациясини ҳисобланг,

Ечиш. (2.26) тенгламага асосан:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{(K_{\text{HAsO}_2} + K_{\text{HCN}}) \cdot C} = \sqrt{(6,0 \cdot 10^{-10} + 7,0 \cdot 10^{-10}) \cdot 0,2} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$$

Агар иккала кислотанинг диссоциланиш константаси ва концентрациялари бир-биридан кескин фарқ қилса, у ҳолда бу эритмада водород ионлари концентрацияси қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$[\text{H}^+] = x = \sqrt{K_{\text{HAln}} \cdot C_{\text{HAln}}} \quad (x+y \approx x, \quad x \gg y) \quad (2.27)$$

*2-масала.* 0,5 М  $\text{HNO}_2$  ва 0,02 М  $\text{HCN}$  аралашмасидан иборат эритмадаги нитрит, цианид ва водород ионлари концентрацияларини ҳисобланг. Кислоталарнинг диссоциланиш константалари  $K_{\text{HNO}_2} = 4,0 \cdot 10^{-4}$  ва  $K_{\text{HCN}} = 7,0 \cdot 10^{-10}$  га тенг.

Ечиш.

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{HNO}_2} \cdot C_{\text{HNO}_2}} = \sqrt{4,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5} = 1,41 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л.}$$

Нитрит иони концентрацияси водород иони концентрациясига тенг, демак,  $[\text{NO}_2^-] = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л.}$

Цианид иони концентрацияси қуйидагича ҳисобланади:

$$[\text{CN}^-] = \frac{K_{\text{HCN}} \cdot C_{\text{HCN}}}{[\text{H}^+]} = \frac{7,0 \cdot 10^{-10} \cdot 0,02}{1,41 \cdot 10^{-2}} = 9,9 \cdot 10^{-9} \text{ г-ион/л.}$$

Демак,  $[\text{H}^+] = [\text{NO}_2^-] = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л; } [\text{CN}^-] = 9,9 \cdot 10^{-9} \text{ г-ион/л.}$

*Мустақил ечиш учун масалалар*

**66.** 1 лигр эритма 0,2 М цианид кислота ва 0,3 М фторид кислотадан иборат. Эритманинг  $[\text{H}^+]$  ни ҳисобланг.

67. 0,5 М чумоли кислота ва 0,3 М пропион кислотадан иборат бўлган эритманинг  $[H^+]$  ва рН ини ҳисобланг.

68. 0,4 М салицил кислота ва 0,6 М бензой кислота аралашмасидан иборат бўлган 1 литр эритманинг  $[H^+]$  ва рН ини ҳисобланг.

69. 0,5 М цианид кислота ва 0,5 М чумоли кислотадан иборат бўлган 1 литр эритманинг  $[H^+]$  ва рН ини ҳисобланг.

70. 0,1 М  $CH_3COOH$  ва 0,1 М  $HCN$  дан иборат бўлган эритмадаги водород, ацетат ва цианид-ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

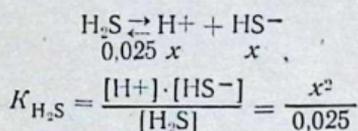
71. Сирка кислотанинг 0,4 М 2 мл эритмасига 0,25 М  $NaOH$  эритмасидан 3 мл қўшилди. Эритмадаги водород ва ацетат ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

Кучсиз кўп асосли кислота эритмасидаги водород ионлари концентрацияси. Кўп асосли кислоталар бир неча босқичда диссоциланади. Кўпгина ҳолларда кўп асосли кислоталарда водород ионлари концентрациясини ҳисоблаганда (агар биринчи босқич константаси бошқа босқичлардан 1000 марта катта бўлса) фақат диссоциланиш константасининг биринчи босқичи ҳисобга олинади. Бундай ҳолларда бир асосли кислоталарга тегишли ҳамма ҳолатларни кўп асосли кислоталарга ҳам қўллаш мумкин.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. 0,025 М  $H_2S$  эритмаси берилган. Шу эритмадаги гидросульфид ( $HS^-$ ), сульфид ( $S^{2-}$ ) ва водород ионлари концентрацияларини ҳисобланг. ( $K_{H_2S} = 5,7 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{HS^-} = 1,2 \cdot 10^{-13}$ ).

Ечиш. Водород ва гидросульфид ионларини  $H_2S$  нинг биринчи босқичда диссоциланиши натижасида ҳосил бўлган деб қараб, қуйидагича ёзиш мумкин:



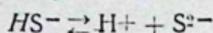
бундан

$$x^2 = K_{H_2S} \cdot 0,025 \text{ ёки } x = \sqrt{5,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,025} = 3,77 \cdot 10^{-5}$$

Демак,

$$[H^+] = [HS^-] = 377 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л.}$$

$S^{2-}$  ионлари эса  $H_2S$  эритмасининг иккинчи босқичда диссоциланиши натижасида ҳосил бўлади, яъни:



$$K_{\text{HS}^-} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ ва } [\text{H}^+] = [\text{HS}^-]$$

бўлгани учун

$$[\text{S}^{2-}] = 1,2 \cdot 10^{-15}$$

**2-масала.** 0,1 M HCl нинг водород сульфид билан тўйинтирилган эритмасидаги сульфид ионлари ( $\text{S}^{2-}$ ) концентрациясини ҳисобланг.

Ечиш. Водород сульфиднинг тўйинган эритмаси (уй температурасида) концентрацияси тахминан 0,1 M га тенг.

Эритмадаги сульфид иони концентрациясини ҳисоблаш учун, аввало, шу эритмадаги водород иони концентрациясини топамиз. Бу ионлар концентрациялари ўзаро бир тенглик билан боғланиб,  $\text{H}_2\text{S}$  нинг биринчи ва иккинчи босқич диссоциланиш константалари орқали топилади:

$$K_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} ; \quad K_{\text{HS}^-} = \frac{[\text{H}^+] [\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]}$$

Бу иккала тенгликни ҳадлаб кўпайтириб,

$$K_{\text{H}_2\text{S}} \cdot K_{\text{HS}^-} = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

бундан

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K_{\text{H}_2\text{S}} \cdot K_{\text{HS}^-} \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$$

Ушбу эритмада водород иони концентрацияси 0,1 M эритмадаги водород иони концентрациясига тенг (чунки  $\text{H}_2\text{S}$  HCl кислотага нисбатан жуда кучсиз кислотадир). Демак,

$$a_{\text{H}^+} = f_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{HCl}}$$

Бу эритмада ион кучи  $\mu = 0,1$ ;  $f_{\text{H}^+} = 0,76$  (иловадаги 2-жадвалга қаранг).

$$a_{\text{H}^+} = 0,76 \cdot 0,1 = 0,076; \quad [\text{H}_2\text{S}] = 0,10.$$

Бу қийматларни тенгламага қўйсақ, қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{5,7 \cdot 10^{-8} \cdot 1,2 \cdot 10^{-15} \cdot 0,1}{0,076^2} = 1,2 \cdot 10^{-21} \text{ г-ион/л.}$$

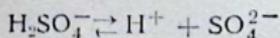
$$\text{Демак, } [\text{S}^{2-}] = 1,2 \cdot 10^{-21} \text{ г-ион/л.}$$

**3-масала.**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 0,1 н эритмасида водород, гидросульфат ва сульфат ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

0,1  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасининг ион кучи  $\mu = \frac{1}{2} (0,1 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 2^2) = 0,15$  га тенг.

$\mu = 0,15$  бўлганда  $f_{\text{H}^+} = 0,73$  га тенгликни ҳисобга олинса,  $a_{\text{H}^+} = 0,05 \cdot 0,73 = 0,0365$  г-ион/л.

$\text{SO}_4^{2-}$  иони концентрациясини топиш учун  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг диссоциланишининг иккинчи босқичи схемасидан фойдаланамиз:



$$0,0365 - x \quad 0,0365 + x \quad x$$

$$K_{\text{HSO}_4^-} = \frac{(0,0365 + x) \cdot x}{0,0365 - x} = 1,0 \cdot 10^{-2}$$

Бундан  $x^2 + 0,0465x - 0,000365 = 0$  ва  $x = 0,007$  г-ион/л.

Демак, 0,1 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидаги  $\text{SO}_4^{2-}$  иони концентрацияси 0,007 г-ион/л га тенг экан.

### Мустақил ечиш учун масалалар

72. Оксалаг кислотанинг 0,01 М эритмасидаги  $\text{H}^+$  концентрацияси ва рН ини ҳисобланг.

73. Карбонат кислотанинг 0,05 М эритмасидаги  $\text{H}^+$  концентрацияси ва рН ини ҳисобланг.

74. 0,2 М  $\text{H}_2\text{SO}_3$  эритмасидаги  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSO}_3^-$  ва  $\text{SO}_3^{2-}$  ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

75. 0,1 М  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  эритмасидаги  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  ва  $\text{HAsO}_4^{2-}$  ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

76. 0,13 М  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  500 мл сувда эритилади. Шу эритмадаги  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$  ионлари ва  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  кислота концентрацияларини ҳисобланг.

4- §. Буфер эритмалар. Бир вақтнинг ўзида бирор кучсиз кислота ва унинг тузидан ёки кучсиз асос ва унинг тузидан иборат бўлиб, буфер таъсирини кўрсатувчи эритмалар *буфер эритмалар* ёки *бошқарувчилар* дейилади. Бундай буфер эритмаларга қуйидаги аралашмалар мисол бўлиши мумкин:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ;  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ ;  $\text{HCOOH} + \text{HCOONa}$ ;  $\text{NaHPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

Кучсиз кислота ва унинг тузидан иборат бўлган буфер эритмаларнинг рН и кислотали бўлади ( $\text{pH} < 7$ ). Масалан, 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$  эритмалари аралашмасида  $\text{pH} = 4,7$ .

Кучсиз асос ва унинг тузидан иборат бўлган буфер эритмаларнинг рН и ишқорий бўлади ( $\text{pH} > 7$ ). Масалан, 0,1 М  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва 0,1 М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмалари буфер аралашмасининг  $\text{pH} = 9,2$ .

Бирор буфер аралашма вужудга келтирадиган рН миқдорини назарий ҳисоблаб чиқариш катта амалий аҳамиятга эга. Шунинг учун, биз бу параграфда буфер эритмаларда  $\text{pH}(\text{pOH})$ ,  $[\text{H}^+]$  ва  $[\text{OH}^-]$  ларни ҳисоблашга тўхталамиз.

Кучсиз кислота ва уларнинг тузлари аралашмаси. Кучсиз кислота ва унинг тузи эритмасидаги водород ионлари концентрацияси:

$$a_{H^+} = K_{H_{HAп}} \frac{a_{H_{HAп}}}{a_{Me_{Aп}}} \quad (2.28)$$

Суюлтирилган эритмаларда активлик коэффициентини 1 га тенг деб қабул қилсак, у ҳолда эритмадаги водород иони концентрациясини қуйидагича ҳисоблаш мумкин.

$$[H^+] = K_{H_{HAп}} \frac{C_{H_{HAп}}}{C_{Me_{Aп}}} \text{ ёки } pH = pK_{H_{HAп}} - \lg \frac{C_{H_{HAп}}}{C_{Me_{Aп}}} \quad (2.29)$$

Бунда:  $C_{Me_{Aп}} = C_{туз}$ ;  $C_{H_{HAп}} = C_{кис}$ ;  $K_{H_{HAп}} = K_{кис}$ .

Худди шунингдек:

$$[OH^-] = K_{Me_{OH}} \frac{C_{Me_{OH}}}{C_{Me_{Aп}}} \text{ ёки } pOH = pK_{Me_{OH}} - \lg \frac{C_{Me_{OH}}}{C_{Me_{Aп}}} \quad (2.30)$$

$$pH + pOH = 14 \text{ бўлгани учун,}$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - pK_{Me_{OH}} + \lg \frac{C_{Me_{OH}}}{C_{Me_{Aп}}} \quad (2.31)$$

#### Масалалар ечишга доир намуналар

**1- масала.**  $CH_3COOH + CH_3COONa$  буфер аралашмада ҳар бир моддadan 0.1 M дан бор. Аралашманинг pH ини ҳисобланг. Бу эритманинг 1 л аралашмасига: а) 0.01 M HCl; б) 0,01 M NaOH қўшилганда ва аралашмани сув билан 100 марта суюлтирилганда  $[OH^-]$  ини қандай ўзгаришини кўрсатинг.

Ечиш.  $CH_3COOH$  учун  $pK = 4.76$ . У ҳолда:

$$pH = 4.76 - \lg \frac{0.1}{0.1} = 4.76.$$

Агар бу аралашманинг 1 литрига 0.01 M HCl қўшилса, 0,01 M  $CH_3COONa$  тенг M миқдордаги  $CH_3COOH$  га айланади.

Демак,

$$pH = 4.76 - \lg \frac{0.11}{0.09} = 4.67.$$

Худди шунга ўхшаш, 1 л эритмага 0,01 M NaOH қўшилса, тенг M миқдор  $CH_3COOH$   $CH_3COONa$  га айланади. Бунда,

$$pH = 4.76 - \lg \frac{0.09}{0.11} = 4.84.$$

Ниҳоят, эритмани 100 марта суюлтурсак,

$$pH = 4.76 - \lg \frac{0.001}{0.001} = 4.76.$$

Демак, эритманинг pH и ўзгармас экан.

**2- масала.**  $CH_3COOH + CH_3COONa$  аралашмасидан иборат буфер системани ташкил этувчиларининг:

а)  $CH_3COOH$  ва б)  $CH_3COONa$  концентрацияси 10 марта оширилса, эритманинг pH и қандай ўзгаради?

Ечиш. Биринчи мисолдан кўрдикки, бир хил концентрацияли кислота билан туз аралашмасининг рН и кислотанинг рК сига, яъни 4,76 га тенг. Энди аралашмадаги  $\text{CH}_3\text{COOH}$  нинг концентрациясини 10 марта, яъни 1 М гача оширсак:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{C_{\text{туз.}}}{C_{\text{кис.}}} = 4,76 - \lg \frac{1}{0,1} = 4,76 - \lg 10 = 4,76 - 1 = 3,76.$$

Туз концентрациясини 10 марта оширганимизда эса:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{C_{\text{туз.}}}{C_{\text{кис.}}} = 4,76 - \lg \frac{0,1}{1} = 4,76 - \lg 10^{-1} = 4,76 + 1 = 5,76$$

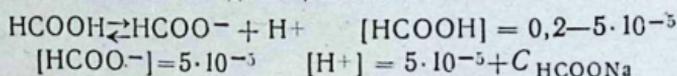
бўлади.

3- масала. Буфер эритманинг рН и 4,3 га тенг бўлиши учун 0,2 М 100 мл  $\text{HCl}$  эритмасига қанча қуруқ  $\text{HCOONa}$  қўшиш керак?

Ечиш. Агар хлорид кислота эритмасига тегишли миқдорда натрий формиат қўшилса, у чумоли кислотага айланади:

$$C_{\text{HCOOH}} = C_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ моль/л.}$$

Чумоли кислотанинг диссоциланиши:



$\text{HCOOH}$  нинг диссоциланиш константаси қуйидагича ифодаланади:

$$K_{\text{HCOOH}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]} = 1,8 \cdot 10^{-4}.$$

Эритманинг рН и 4,3 га тенг бўлганлиги учун ундаги  $\text{H}^+$  ионлари концентрацияси  $5 \cdot 10^{-5}$  г-ион/л га тенг бўлади, Бир исмли формиат ионлари таъсирида чумоли кислотанинг диссоциланиши кескин камаяди. Демак,

$$[\text{HCOOH}] = 0,2 - 5 \cdot 10^{-5} \approx 0,2 \text{ моль/л ва } [\text{HCOO}^-] = 5 \cdot 10^{-5} + C_{\text{HCOONa}} \approx C_{\text{HCOONa}}.$$

Қийматларни ўрнига қўйсак,

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot C_{\text{HCOONa}}}{0,2}.$$

Бундан

$$C_{\text{HCOONa}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2}{5 \cdot 10^{-5}} = 0,72 \text{ моль/л.}$$

Сарф бўлган натрий формиатнинг умумий миқдори, яъни унинг хлорид кислота билан реакцияга киришган ва буфер аралашма ҳосил қилган қисми:

$$0,2 + 0,72 = 0,92 \text{ моль/л}$$

га тенг.

Қўшилган  $\text{HCOONa}$  массаси:

$$g = \frac{C_{\text{HCOONa}}}{1000} \cdot V \cdot M = \frac{0,92}{1000} \cdot 100 \cdot 68,0 = 6,2 \text{ г}$$

(бунда 68,0— $\text{HCOONa}$  нинг молекуляр массаси).

*Мустақил ечиш учун масалалар*

77. 0,0375 M 100 мл  $\text{CH}_3\text{COOH}$  га 0,102 г  $\text{CH}_3\text{COONa}$  қўшишдан ҳосил бўлган эритманинг рН ини ҳисобланг.

78. 25 мл 0,2 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва 15 мл 0,1 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  нинг аралаштирилиши натижасида ҳосил бўлган эритмадаги  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  ионлари концентрациялари ва рН ини аниқланг.

79. 1 л сувда 60,05 г  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва 82,03 г  $\text{CH}_3\text{COONa}$  бор. Шу эритманинг рН ини ҳисобланг.

80. 15 мл 0,1 M  $\text{HCOOH}$  ва 12 мл 0,2 M  $\text{HCOONa}$  эритмалари аралаштирилиши натижасида ҳосил бўлган эритмадаги  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  ионлари концентрациялари ҳамда рН ини ҳисобланг.

81. 2 л сувга 23 г  $\text{HCOOH}$  ва 21 г  $\text{HCOOK}$  қўшилди. Эритманинг рН ини ҳисобланг.

82. Эритманинг рН и 2,3 га тенг бўлиши учун 0,2 M 23 мл  $\text{H}_3\text{PO}_4$  эритмасига неча мл 0,4% ли  $\text{NaOH}$  эритмасидан қўшиш керак?

83. Эритманинг рН и 10,5 га тенг бўлиши учун 0,1 M 50 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмасига 0,2 M  $\text{HCl}$  эритмасидан қанча қўшиш керак?

84. 500 мл ҳажмдаги ўлчов колбасига 4,10 г сувсиз  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ва 63,6 мл  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $\rho$  1,040 г/см<sup>3</sup>) солинди: эритмага сув қўшиб ҳажми белгигача етказилади. Эритмадаги  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

85. 0,5 M 20 мл аммиак эритмасида неча грамм  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритилса, эритмадаги  $\text{OH}^-$  ионлари концентрацияси  $5 \cdot 10^{-4}$  M га тенг бўлади?

86. рН и 7,9 га тенг бўлган фосфатли буфер аралашма фосфорнинг қандай бирикмаларидан-кислота аралашмасидан ёки икки асосли нордон тузлари аралашмасидан иборат эканлигини топинг?

87. 2 мл 0,0002 M  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  га 0,1 M  $\text{NaOH}$  эритмасидан 1 мл қўшилди: а) эритманинг дастлабки рН и ва  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясини ҳисобланг; б)  $\text{NaOH}$  қўшилгандан кейин ҳосил бўлган эритманинг рН ини ҳисобланг.

88. рН и 1,8 га тенг бўлган 1 л буфер эритма тайёрлаш учун моддалардан қайсилари олиниши керак:  $\text{HCOOH} + \text{HCOONa}$ , ёки  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{NaHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ?

Буфер эритмадаги ҳар бир модданинг концентрацияси қандай бўлиши керак?

89. 0,5 M  $\text{NH}_3$ , 0,1 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ва 0,5 M  $\text{KCl}$  дан иборат аммонийли буфер эритманинг рН ини ҳисобланг.

90. 0,5 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 0,1 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ва 0,5 M

NaCl дан иборат ацетатли буфер эритманинг рН ини ҳисобланг.

91. Активлик коэффициентини ҳисобга олган ҳолда эритмаларда қуйидаги моддаларнинг диссоциланиш даражаси ва эритмаларнинг рН ини ҳисобланг: 1) 0,1 М HF; 2) 0,1 М HF ва 0,5 М NaClO<sub>4</sub>.

92. CH<sub>3</sub>COOH эритмасининг рН и 5,6 га тенг. Ионлар активлигини ҳисобга олган ҳолда CH<sub>3</sub>COOH нинг концентрацияси ва диссоциланиш даражасини ҳисобланг.

93. 0,1 М CH<sub>3</sub>COOH эритмасига рН и 0,8 бўлгунча HCl қўшилгандаги ацетат ионлари концентрацияси ва CH<sub>3</sub>COOH нинг диссоциланиш даражасини (ионлар активлигини ҳисобга олинган ҳолда) ҳисобланг.

94. 40 мл 0,2% ли HCOOH эритмасига 30 мл 2% ли HCl эритмаси қўшгандаги анионлар концентрациясини ва HCOOH нинг диссоциланиш даражасини ионларнинг активлигини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг.

95. 0,1 мл триэтаноламин эритмасига рН=11,5 бўлгунча NaOH қўшилган. Триэтаноламиннинг диссоциланиш даражасини ҳисобланг.

96. 100 мл 0,2 М CH<sub>3</sub>COOH эритмасига 30 мл 0,3 М CH<sub>3</sub>COONa қўшилганда, CH<sub>3</sub>COOH эритмасининг рН и ва диссоциланиш даражаси қандай ўзгаради?

97. 230 мл 1% ли HCOOH эритмасига 540 мл 0,5% ли HCOOK эритмасидан қўшилганда HCOOH эритмасининг рН и ва диссоциланиш даражаси қандай ўзгаради?

98. Эритма рН ини 2 бирликка ўзгартириш учун 200 мл 1% ли CH<sub>3</sub>COOH эритмасига 0,4 М CH<sub>3</sub>COONa эритмасидан қанча қўшиш керак. CH<sub>3</sub>COOH нинг диссоциланиш даражаси қандай ўзгаради?

99. 230 мл 2% ли NH<sub>4</sub>OH эритмасига 0,2 М NH<sub>4</sub>Cl эритмасидан 130 мл қўшилса, эритманинг рН и ва NH<sub>4</sub>OH диссоциланиш даражаси қандай ўзгаради?

100. 25 мл 0,2 М CH<sub>3</sub>COOH ва 150 мл 0,1 М CH<sub>3</sub>COONa нинг аралаштирилишидан ҳосил бўлган эритмадаги H<sup>+</sup> ва OH<sup>-</sup> ионлари концентрациясини ҳисобланг.

101. 60,05 г CH<sub>3</sub>COOH ва 82,03 г CH<sub>3</sub>COONa дан иборат бўлган аралашма 1 литр ҳажмгача сувда эритилди. Ҳосил бўлган эритманинг рН ини ҳисобланг.

102. 23 г HCOOH ва 21 г HCOOK ларни қўшишдан тайёрланган 2 литр эритмадаги H<sup>+</sup> ва OH<sup>-</sup> ионлари концентрацияларини ионлар активлигини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг.

103. Эритманинг рН и 7,0 га тенг бўлиши учун

0,2 М 50 мл  $K_2HPO_4$  эритмасига  $KH_2PO_4$  дан қанча қўшиш керак?

04. Эритманинг рН и 9,0 бўлиши учун таркибида 2,66 г  $Na_4P_2O_7$  бўлган 100 мл эритмага 0,1 М НСІ эритмасидан қанча қўшиш керак? (Ҳисоблашларни ионларнинг активлигини ҳисобга олиб бажаринг.)

105. Эритманинг рН и 2,0 га тенг бўлиши учун 20 мл 0,1 М  $H_4P_2O_7$  эритмасига 0,1 М NaOH эритмасидан қанча қўшиш керак?

### III б о б. ГЕТЕРОГЕН СИСТЕМАЛАРДА МУВОЗАНАТ

1- §. Эрувчанлик кўпайтмаси. Қийин эрувчан электролитларнинг тўйинган эритмасидаги ионлар активлиги кўпайтмаси ўзгармас температурада доимий миқдордир. Бу ўзгармас сон модданинг эриш қобилиятини ифодалагани учун у эрувчанлик кўпайтмаси дейилади ва ЭК билан белгиланади:

$$\text{ЭК}_{MeAn} = a_{Me^+} \cdot a_{An^-} \quad (3.1)$$

Агар туз ионлари концентрацияларини  $[Me^+]$  ва  $[An^-]$  ҳамда активлик коэффициентини  $f$  билан белгиласак ва ҳар бир ион активлигини концентрация билан активлик коэффициенти кўпайтмасига тенглигини ҳисобга олсак, у ҳолда (3.1) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\text{ЭК}_{MeAn} = [Me^+] \cdot [An^-] \cdot f^2 \quad (3.2)$$

Агар  $f=1$  бўлса,

$$\text{ЭК}_{MeAn} = [Me^+] \cdot [An^-] \quad (3.3)$$

Агар электролит ҳар хил ионлардан иборат бўлса, у ҳолда эрувчанлик кўпайтмаси ҳар бир ион активлиги кўпайтмасига тенг бўлади. Масалан:

$$\text{ЭК}_{MgNH_4PO_4} = [Mg^{2+}] \cdot [NH_4^+] \cdot [PO_4^{3-}] \cdot f_{Mg^{2+}} \cdot f_{NH_4^+} \cdot f_{PO_4^{3-}}$$

Агар активлик коэффициенти барча ионлар учун 1 га тенг бўлса,

$$\text{ЭК}_{MgNH_4PO_4} = [Mg^{2+}] \cdot [NH_4^+] \cdot [PO_4^{3-}]$$

Агар қийин эрувчан электролит икки ёки ундан ортиқ бир хил ионлардан иборат бўлса, у ҳолда унинг эрувчанлик кўпайтмасини ифодалаш учун ионнинг активлиги ва концентрацияси бир хил ионлар сонига мос равишда даражага олиб ёзилади.

Масалан: 1)  $\text{ЭК}_{Ag_2S} = [Ag^+]^2 \cdot f_{Ag^+}^2 \cdot [S^{2-}] \cdot f_{S^{2-}}$

$$\text{ЭК}_{Ag_2S} = [Ag^+]^2 \cdot [S^{2-}]$$

$$2) \text{ЭК}_{\text{Bi}_2\text{S}_3} = [\text{Bi}^{3+}]^2 \cdot f_{\text{Bi}^{3+}}^2 \cdot [\text{S}^{2-}]^3 \cdot f_{\text{S}^{2-}}^3$$

ёки

$$\text{ЭК}_{\text{Bi}_2\text{S}_3} = [\text{Bi}^{3+}]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]^3$$

Умумий ҳолда эса:

$$\begin{aligned} \text{ЭК}_{\text{Me}_m\text{An}_n} &= a_{\text{Me}^{n+}}^m \cdot a_{\text{An}^{m-}}^n = \\ &= [\text{Me}^{n+}]^m \cdot f_{\text{Me}^{n+}}^m \cdot [\text{An}^{m-}]^n \cdot f_{\text{An}^{m-}}^n \end{aligned} \quad (3.4)$$

ёки

$$\text{ЭК}_{\text{Me}_m\text{An}_n} = [\text{Me}^{n+}]^m \cdot [\text{An}^{m-}]^n \quad (3.5)$$

Қийин эрувчан электролитларнинг эрувчанлик кўпайтмасини топиш учун исталган усул билан унинг берилган температурадаги эрувчанлиги аниқланади. Эрувчанликни била туриб, эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаб топиш осон ва, аксинча, ЭК аниқ бўлса модданинг эрувчанлигини ҳисоблаш мумкин. Мисолларни ечишда шуни назарда тутиш керакки, агар берилган қийин эрувчан бирикмада  $\text{ЭК} < n \cdot 10^{-7}$  бўлса, активлик коэффициентини ҳисобга олинмаса ҳам бўлади. Агар  $\text{ЭК} > n \cdot 10^{-7}$  бўлса, у ҳолда активлик коэффициентини ҳисобга олиш керак.

Қийин эрувчан электролитлар учун эрувчанлик кўпайтмасининг сон қийматлари химиядан справочникларда берилган. Бундай жадвал ушбу қўлланмада ҳам келтирилган. (Иловадаги 5-жадвалга қаранг.)

**2-§. Эрувчанлик кўпайтмасини эрувчанлик орқали ва эрувчанликни эрувчанлик кўпайтмаси орқали ҳисоблаш.** Берилган электролитнинг эрувчанлик кўпайтмасини эрувчанлик орқали ҳисоблаш қуйидаги тартибда амалга оширилади:

- 1) электролитнинг диссоциланиш схемаси ёзилади;
- 2) эрувчанлик кўпайтмасини ифодаловчи формула тузилади;
- 3) электролитнинг 1 л эритувчидаги эрувчанлиги ( $M$  ларда) ҳисобланади;
- 4) ионлар концентрацияси  $\gamma$ -ион/л да ҳисобланади;
- 5) эритмадаги ионларнинг ион кучи ва активлик коэффициентлари ҳисобланади;
- 6) ҳар бир ионнинг активлиги ҳисобланади;
- 7) ионлар активликларининг қийматлари асосида эрувчанлик кўпайтмасининг қиймаги ҳисобланади.

#### *Масалалар ечишга доир намуналар*

1- масала. 20°C да 100 мл тўйинган эритмада 0,84 мг  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  бор.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

$$[Me^{2+}] = S; \quad [An^{2-}] = S$$

Эрувчанлик асосида қуйидагича топилади:

$$\mathcal{E}K_{MeAn} = S^2 \cdot f^2 \quad (3.7)$$

Бу тенглама эрувчанлик кўгайтмаси билан тузнинг тоза сувдаги эрувчанлиги ва ионларнинг тўйинган эритмаларидаги активлик коэффиценти срасидаги боғланишни ифодалайди. Эритмалар жуда суолтирилган бўлганлиги учун тажрибада активлик коэффиценти 1 га тенг деб олинади. Шунга асосан, (3.7) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\mathcal{E}K_{MeAn} = S^2 \quad (3.8)$$

$$S = \sqrt{\mathcal{E}K_{MeAn}} \quad (S = [Me^{2+}] = [An^{2-}]) \quad (3.9)$$

Тенгламани логарифмласак:

$$pS = \frac{1}{2} p \mathcal{E}K_{MeAn} \quad (3.10)$$

Бинар электролитлар учун эрувчанлик кўпайтмаси унинг сувдаги эрувчанлигининг квадратига тенг. Бинар электролитнинг эрувчанлиги ва ҳар бир ионнинг концентрацияси активлик коэффиценти 1 га тенг бўлганда, шу электролит эрувчанлик кўгайтмасининг илдиз ости қиймагига тенг.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

1- масала.  $BaCO_3$  нинг тўйинган эритмасидаги шу тузнинг эрувчанлигини (мг/л да) ва ҳар бир ионнинг концентрациясини (г-ион/л да) ҳисобланг ( $\mathcal{E}K_{BaCO_3} = 8,1 \cdot 10^{-9}$ ;  $p\mathcal{E}K_{BaCO_3} = 8,09$ ).

Е ч и ш. (3.10) формуладан фойдаланилса,

$$pS = \frac{p\mathcal{E}K_{BaCO_3}}{2} = \frac{8,09}{2} = 4,05$$

Бундан

$$S = 9 \cdot 10^{-5} \text{ М/л} = 97,8 \text{ мг/л}$$

Демак,

$$C_{Ba^{2+}} = C_{CO_3^{2-}} = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$$

2- масала. Қўргошин сульфатнинг эрувчанлик кўгайтмаси  $2,2 \cdot 10^{-8}$  г/л га тенг.  $PbSO_4$  нинг тоза сувдаги эрувчанлигини ва  $H_2SO_4$  нинг 0,2 М эритмасидаги эрувчанлигини ҳисоблаб топниг ҳамда уларни солиштириб кўринг.

Е ч и ш. 1) қўргошин сульфатнинг тоза сувдаги эрувчанлиги:

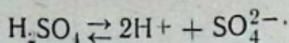
$$pS = \frac{1}{2} p\mathcal{E}K_{PbSO_4} = \frac{1}{2} \cdot 7,6573 = 3,8285$$

Бундан

$$S = 10^{-pS} = 10^{-3,8285} = 1,485 \cdot 10^{-4} \text{ М/л}$$

2)  $PbSO_4$  нинг  $0.2 M H_2SO_4$  эритмасидаги эрувчанлиги:

а)  $SO_4^{2-}$  нинг концентратсияси ҳисобланади:



кислота кучли бўлгани учун

$$[SO_4^{2-}] = [H_2SO_4] = 0,2 \text{ г-ион/л}$$

б)  $0,2 M H_2SO_4$  эритмасидаги барий ионлари концентратсияси:

$$\text{ЭК}_{BaSO_4} = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = 2,2 \cdot 10^{-8} = [Ba^{2+}] \cdot 0,2$$

бундан

$$[Ba^{2+}] = \frac{2,2 \cdot 10^{-8}}{0,2} = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ г-ион/л}$$

3) эрувчанликлар солиштирилса,

$$\frac{1,485 \cdot 10^{-4}}{1,1 \cdot 10^{-7}} = 1350$$

Демак,  $PbSO_4$  нинг тоза сувдаги эрувчанлиги  $0,2 M H_2SO_4$  эритмасидаги эрувчанлигидан 1350 марта катта экан.

3- масала.  $MgCO_3$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $1,0 \cdot 10^{-5}$  га тенг эканлигидан фойдаланиб, 700 мл сувда неча грамм  $MgCO_3$  эритилиши мумкинлигини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$\text{ЭК}_{MgCO_3} = [Mg^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = S^2 \quad (f^2 = 1)$$

Демак,

$$1,0 \cdot 10^{-5} = S^2$$

бундан

$$S = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-5}} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ М/л}$$

Эрувчанлигини 700 мл учун ҳисобласак,

$$\frac{700 \cdot 3,1 \cdot 10^{-3}}{1000} = 2,17 \cdot 10^{-3} \text{ М}$$

ёки граммларда фойдаласак,

$$2,17 \cdot 10^{-3} \cdot M_{MgCO_3} = 2,17 \cdot 10^{-3} \cdot 84 = 0,18228 \text{ г}$$

Демак, 700 мл тоза сувда 0,18228 г  $MgCO_3$  эрийди.

### Мустақил ечиш учун масалалар

116. Рух карбонатининг эрувчанлик кўпайтмасига асосланиб, унинг эрувчанлигини ҳисобланг.

117. Магний оксалатнинг эрувчанлигини унинг ЭК сига асосланиб ҳисобланг.

118.  $BaCO_3$  нинг тўйинган эритмасидаги ионлар концентратсиясини (г-ион/л да) ЭК га асосланиб ҳисобланг.

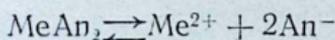
119.  $CaSO_4$  нинг тўйинган эритмасидаги ионлар концентратсиясини (г-ион/л да) ҳисобланг.

120.  $\text{BaSO}_4$  нинг ЭК си асосида унинг тўйинган эритмасидаги ионлар концентрациясини (г-ион/л да) ҳисобланг.

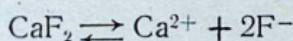
121.  $\text{BaCO}_3$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $1,9 \cdot 10^{-9}$  га тенг эканлигидан фойдаланиб, уй температурасида 1 г барий карбонатни эритиш учун қанча сув кераклигини ҳисобланг.

122.  $\text{ЭК}_{\text{PbSO}_4} = 1,6 \cdot 10^{-8}$  га тенглигини ҳисобга олиб, қўрғошин сульфатнинг  $M$  ва г/л ҳисобида олинган эрувчанлигини ҳисобланг.

$\text{MeAn}_2$  ёки  $\text{Me}_2\text{An}$  типдаги тузларнинг эрувчанлигини ва улардаги ҳар бир ионнинг концентрациясини ҳисоблаш. Бундай типдаги тузларнинг диссоциланиши қуйидаги схема бўйича бо-  
ради:



Масалан:



ва

$$\text{ЭК}_{\text{MeAn}_2} = [\text{Me}^{2+}] \cdot f_{\text{Me}^{2+}} \cdot [\text{An}^-]^2 \cdot f_{\text{An}^-}^2 \quad (3.11)$$

Агар  $\text{MeAn}_2$  типдаги тузнинг эрувчанлиги  $S$  билан белгиланса, у ҳолда:

$$[\text{Me}^{2+}] = S \quad \text{ва} \quad [\text{An}^-] = 2S$$

Бундан

$$\begin{aligned} \text{ЭК}_{\text{MeAn}_2} &= [\text{Me}^{2+}] \cdot f_{\text{Me}^{2+}} \cdot [\text{An}^-]^2 \cdot f_{\text{An}^-}^2 = S \cdot f_{\text{Me}^{2+}} \cdot 4S^2 \cdot \\ &\cdot f_{\text{An}^-}^2 = 4S^3 f_{\text{Me}^{2+}} \cdot f_{\text{An}^-}^2 \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{MeAn}_2}}{4 \cdot f_{\text{Me}^{2+}} \cdot f_{\text{An}^-}^2}} \quad (3.13)$$

Активлик коэффициенти 1 га тенг деб олинса:

$$S = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{MeAn}_2}}{4}} \quad (3.14)$$

ва

$$pS = \frac{p\text{ЭК}_{\text{MeAn}_2} + \lg 4}{3} \quad (3.15)$$

$$[\text{An}^-] = \sqrt[3]{2\text{ЭК}_{\text{MeAn}_2}} \quad (3.16)$$

Худди шу усулда  $\text{Me}_2\text{An}$  типдаги электрлитнинг эрувчанлиги (масалан,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ).

$$S = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Me}_2\text{An}}}{4}} \quad (3.17)$$

ионлар концентрацияси эса

$$[\text{Me}^+] = \sqrt[3]{2\text{ЭК}_{\text{Me}_2\text{An}}} \quad \text{ва} \quad [\text{An}^{2-}] = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Me}_2\text{An}}}{4}} \quad (3.18)$$

га тенг бўлади.

### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. Кальций фториднинг тўйинган эритмасида тузнинг эрувчанлигини ва ҳар бир ионнинг концентрациясини ҳисобланг ( $\text{ЭК}_{\text{CaF}_2} = 3,5 \cdot 10^{-11}$ ,  $\rho\text{ЭК}_{\text{CaF}_2} = 10,46$ ).

Ечиш. (3.15) формулага асосан:

$$\rho S = \frac{10,46 + 0,6}{3} = 3,69.$$

Бундан

$$S = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}; \quad [\text{Ca}^{2+}] = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ г-ион/л} \\ \text{ва} \quad [\text{F}^-] = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ г-ион/л}$$

2- масала.  $25^\circ\text{C}$  да  $\text{PbJ}_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $8,7 \cdot 10^{-3}$  га тенг.  $\text{PbJ}_2$  нинг тўйинган эритмасидаги ионларнинг г-ион/л ва г/л билан ифодаланган концентрациясини ҳисобланг.

Ечиш.  $\text{ЭК}_{\text{PbJ}_2} = 8,7 \cdot 10^{-3}$  дан фойдаланиб  $\rho\text{ЭК}_{\text{PbJ}_2}$  ҳисобланади:

$$\rho\text{ЭК}_{\text{PbJ}_2} = -\lg\text{ЭК}_{\text{PbJ}_2} = -\lg 8,7 \cdot 10^{-3} = 9 - \lg 8,7 = 9 - 0,9395 = 8,0605$$

ва ундан  $\rho S$  ҳисобланади:

$$\rho S = \frac{\rho\text{ЭК}_{\text{PbJ}_2} + \lg 4}{3} = \frac{8,0605 + 0,6}{3} = \frac{8,6605}{3} = 2,8868$$

Бундан,

$$S = 10^{-\rho S} = 10^{-2,8868} = 10^{-3} \cdot 10^{0,1132} = 1,298 \cdot 10^{-3} \text{ M} = 461 \cdot 1,298 \cdot 10^{-3} \text{ M} = 0,5984 \text{ г.}$$

Демак,  $S = 1,298 \cdot 10^{-3} \text{ M}$  ёки  $0,5984 \text{ г.}$

### Мустақил ечиш учун масалалар

123.  $\text{PbCl}_2$  нинг эрувчанлигини унинг ЭК сига асосланиб ҳисобланг.

124.  $\text{CaF}_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмасига асосланиб, унинг эрувчанлигини ҳисобланг.

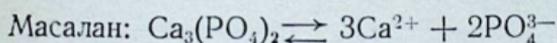
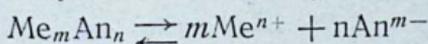
125. 1 л  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  эритмасида неча г-ион  $\text{Ag}^+$  ва  $\text{CrO}_4^{2-}$  бор?

126.  $PbCl_2$  нинг тўйинган эритмасидаги ионлар концентрациясини (г-ион/л да) ҳисобланг.

127.  $Ag_2CO_3$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $6,2 \cdot 10^{-12}$  га тенглигидан фойдаланиб, унинг эрувчанлигини ҳисобланг.

128. 1 л  $Ag_2SO_4$  нинг тўйинган эритмасида қанча г-ион  $Ag^+$  бор ( $\mathcal{E}K_{Ag_2SO_4} = 7,7 \cdot 10^{-5}$ )?

$Me_mAn_n$  типидagi тузнинг эрувчанлигини ва ундаги ҳар бир ионнинг концентрациясини ҳисоблаш.  $Me_mAn_n$  типидagi тузнинг диссоциланиши қуйидаги схема бўйича боради:



Ионларнинг активлик коэффициентлари 1 га тенг деб олинса, у ҳолда  $Me_mAn_n$  типидagi электролитнинг эрувчанлик кўпайтмаси қуйидагича ёзилади:

$$\mathcal{E}K_{Me_mAn_n} = [Me^{n+}]^m \cdot [An^{m-}]^n \quad (3.19)$$

ёки

$$p\mathcal{E}K_{Me_mAn_n} = mp[Me^{n+}] + np[An^{m-}] \quad (3.20)$$

Электролитнинг эрувчанлиги  $S$  билан белгиланса, катион концентрацияси  $[Me^{n+}] = mS$  ва анион концентрацияси  $[An^{m-}] = nS$  бўлади. Ионлар концентрациялари қийматлари (3.19) тенгламага қўйилса:

$$\mathcal{E}K_{Me_mAn_n} = (mS)^m \cdot (nS)^n = m^m \cdot n^n \cdot S^{m+n} \quad (3.21)$$

Бундан

$$S = \sqrt[m+n]{\frac{\mathcal{E}K_{Me_mAn_n}}{m^m \cdot n^n}} \quad (3.22)$$

ва

$$pS = \frac{p\mathcal{E}K_{Me_mAn_n} + mlgm + nlg n}{m+n} \quad (3.23)$$

(3.22) ва (3.23) тенгламаларни қийин эрувчан электролитларнинг тоза сувдаги эрувчанлигини ҳисоблаш учун фақат уларнинг эрувчанлиги  $10^{-4} M$  дан ошмагандагина қўллаш мумкин. Агар электролитларнинг эрувчанлиги бу қийматдан ортиқ бўлса, у ҳолда ҳар бир ионнинг активлиги ҳисобга олиниши керак.

Электролитнинг тўйинган эритмасидаги ионлар концентрацияси:

$$[Me^{n+}] = m \sqrt[m+n]{\frac{\text{ЭК}_{Me_mAn_n}}{m^m \cdot n^n}} \quad (3.24)$$

$$[An^{m-}] = n \sqrt[m+n]{\frac{\text{ЭК}_{Me_mAn_n}}{m^m \cdot n^n}} \quad (3.25)$$

Бу тенгламалар кам эрувчан тузларнинг гидролизи ҳисобга олинмаган ҳоллар учун чиқарилган. Гидролизнинг эрувчанликдаги роли ҳақида кейинги параграфларда тўхталиб ўтамиз.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала.  $Ca_3(PO_4)_2$  нинг тоза сувдаги эрувчанлигини ҳисобланг.  $p\text{ЭК}_{Ca_3(PO_4)_2} = 32,5$ .  
Е ч и ш.

$$pS = \frac{32,5 + 3lg3 + 2lg2}{3+2} = 6,9$$

$$S = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ M}; \quad [Ca^{2+}] = 3,9 \cdot 10^{-7} \text{ г-ион/л};$$

$$[PO_4^{3-}] = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ г-ион/л}.$$

2- масала.  $AgCl$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $1,1 \cdot 10^{-10}$  га тенг. Унинг тоза сувдаги эрувчанлигини ҳисобланг.

Е ч и ш. а)  $AgCl$  нинг эрувчанлиги олдин тахминий формула ёрдамида ҳисобланса:

$$pS = \frac{9,96}{2} = 4,98; \quad S = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 0,001504 \text{ г}$$

б)  $AgCl$  тўйинган эритмасининг ион кучи:

$$\mu = \frac{1}{2} (1,05 \cdot 10^{-5} \cdot 1^2 + 1,05 \cdot 10^{-5} \cdot 1^2) = 1,05 \cdot 10^{-5}$$

Бундан

$$lg f_{Ag^+} = -0,5 \cdot 1^2 \sqrt{1,05 \cdot 10^{-5}} = -1,55 \cdot 10^{-3}$$

$$f_{Ag^+} = f_{Cl^-} = 0,986$$

$$\text{ЭК}_{AgCl} = 1,01 \cdot 10^{-10} = S^2 f^2$$

$$S = \sqrt{\frac{1,01 \cdot 10^{-10}}{0,996^2}} = \frac{1,05 \cdot 10^{-5}}{0,996} = 1,054 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 0,001510 \text{ г}$$

Олинган қийматлар ўртасидаги фарқ

$$0,001510 - 0,001504 = 0,000006 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ г}.$$

Шундай қилиб, кам эрувчан электролитларнинг тўйинган эритмаси жуда кичик ион кучига эга бўлгани учун, ундаги ионлар активлиги коэффициентини 1 га тенг деб олса бўлади.

Агар модданинг эрувчанлиги аниқ бўлса, эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаш мумкин.

3-масала.  $Pb_3(PO_4)_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмасини унинг эрувчанлиги  $S = 1,7 \cdot 10^{-7} M$  ( $pS_{Pb_3(PO_4)_2} = 6,77$ ) га тенг эканлигидан фойдаланиб ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$pS_{Pb_3(PO_4)_2} = \frac{pЭК_{Pb_3(PO_4)_2} + 3lg3 + 2lg2}{3 + 2}$$

га тенг эканлигини ҳисобга олиб,

$$6,77 = \frac{pЭК_{Pb_3(PO_4)_2} + 1,43 + 0,6}{5}$$

Бундан,

$$pЭК_{Pb_3(PO_4)_2} = 31,82; \quad ЭК_{Pb_3(PO_4)_2} = 1,5 \cdot 10^{-32}.$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

129. ЭК га асосланиб қуйидаги электролитларнинг эрувчанлигини (г/100 мл да) ҳисобланг: 1)  $Hg_2Cl_2$ ; 2)  $Ba_3(AsO_4)_2$ ; 3)  $K_2SiF_6$ ; 4)  $Rb_2SiF_6$ .

130. Ўзаро солиштирилувчи тузлардан қайси бири кўп эрувчан ва неча марта:

- 1)  $Ba_2[Fe(CN)_6]$  ёки  $Ca_2[Fe(CN)_6]$ ; 2)  $Ca_3(PO_4)_2$  ёки  $BiPO_4$ ;  
3)  $Hg_2Br_2$  ёки  $PbBr_2$ ; 4)  $CuC_2O_4$  ёки  $FeC_2O_4$ ;  
5)  $Ni_2[Fe(CN)_6]$  ёки  $Ni(JO_3)_2$ .

131.  $Pb_3(PO_4)_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $7,9 \cdot 10^{-13}$  га тенг. Шу тузнинг грамм ҳисобидаги эрувчанлиги ва тўйинган эритмасидаги  $Pb^{2+}$  ва  $PO_4^{3-}$  ионларининг концентрациясини ҳисобланг.

132.  $Ca_3(PO_4)_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $3 \cdot 10^{-33}$  га тенг. Бу тузнинг  $M$ , мг ҳисобида олинган эрувчанлиги, шунингдек, унинг тўйинган эритмасидаги  $Ca^{2+}$  ва  $PO_4^{3-}$  ионларининг концентрациясини ҳисобланг.

133.  $As_2S_3$  нинг эрувчанлиги  $2 \cdot 10^{-5}$  га тенг. Шу тузнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

3-§. Турли факторларнинг эрувчанликка таъсири. Бир исмли ионларнинг эрувчанликка таъсири. Туз эффекти. Қийин эрийдиган электролитларнинг эрувчанлиги, уларнинг эритмасига шу эритмадаги ионларнинг бири билан бир исмли иони бор бирорта кучли электролит қўшилиши билан камаяди.

Тузнинг эрувчанлигини бирер электролит иштирокيدا ҳисоблашда ионларнинг активлик коэффицентини ҳисобга олиш керак. Қийин эрийдиган электролитларнинг эрувчанлиги бошқа бир исмли ионга эга бўлмаган яхши

эрувчан электролитлар иштирокида ортади. Бу ҳодиса „туз эффекти“ деб аталади. Туз эффекти қўшилган электролитларнинг ионлар зарядига ва чўкма таркибига кирувчи ионлар зарядига боғлиқдир. Қўшиладиган электролит ионининг заряди ортиши билан эритманинг ион кучи ҳам ортиб активлик коэффиценти камаяди. Демак, электролит ва чўкма ионларининг заряди ортиши билан туз эффекти ортади.

### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала.  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $2,0 \cdot 10^{-9}$  га тенг. Шу тузнинг тоза сувдаги ва  $0,1 \text{ M}$   $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасидаги эрувчанлигини солиштиринг.

Е ч и ш. а)  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  нинг тоза сувдаги эрувчанлиги

$$S_{\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \sqrt{\text{ЭК}_{\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}} = \sqrt{2,0 \cdot 10^{-9}} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ M} = 6,6 \text{ мг.}$$

б)  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  нинг  $0,1 \text{ M}$   $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасидаги эрувчанлиги:  $\text{Ca}^{2+}$  ионининг концентрацияси  $S$  га тенг;  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  ионининг концентрацияси эса  $S + 0,1$  га тенг, чунки у  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ва  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  ларнинг диссоциланишидан ҳосил бўлган ионлар йиғиндисидан иборатдир.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг эрувчанлиги жуда кичик бўлганлиги учун  $(4,5 \cdot 10^{-5})$   $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  иштирокида бу қиймат янада кичиклашади, шунинг учун  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  дан ҳосил бўлган  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  ионлари концентрациясини ҳисобга олмай уни  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  концентрациясига тенг деб олсак бўлади. Шунинг учун  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси:

$$\text{ЭК}_{\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}$$

$0,1 \text{ M}$   $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасининг ион кучи:

$$\mu = \frac{1}{2} (0,1 \cdot 2^1 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,3$$

Заряди иккига тенг бўлган ионнинг активлиги:

$$\lg f = - \frac{0,5 \cdot 2 \cdot \sqrt{0,3}}{1 + \sqrt{0,3}} = -0,71$$

Бундан

$$f_{\text{Ca}^{2+}} = f_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}} = 0,19$$

Бу қийматлар  $\text{ЭК}_{\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}$  тенгламасига қўйилса, у ҳолда  $2,0 \cdot 10^{-9} = S \cdot 0,1(0,19)^2 \cdot 0,19^2$

Бундан

$$S = \frac{2,0 \cdot 10^{-9}}{0,1 \cdot 0,19^2} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ M} = 0,08 \text{ мг}$$

Шундай қилиб,  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  нинг  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  даги эрувчанлиги тоза сувдаги эрувчанлигига нисбатан  $\frac{4,5 \cdot 10^{-5}}{5,5 \cdot 10^{-7}} = 82$  марта кам экан.

2- масала. 1 л  $\text{BaSO}_4$  эритмасида 0,01 M натрий сульфат бор. Эритмадаги  $\text{BaSO}_4$  нинг эрувчанлигини ҳисобланг.

Ечиш. Чўкмадаги ионга нисбатан сульфат-ион бир исмлидир. Шунинг учун  $\text{BaSO}_4$  нинг эрувчанлиги барий ионлари концентрациясига асосланиб ҳисобланади:

$$S = [\text{Ba}^{2+}] = \frac{\text{ЭК}_{\text{BaSO}_4}}{[\text{SO}_4]^{2-} + [x]}$$

Бунда  $x$  бир исмли ионнинг ортиқча концентрациясидир. Демак,

$$S = \frac{1 \cdot 10^{-10}}{10^{-5} + 10^{-1}} = 10^{-8} \text{ M.}$$

Барий сульфатнинг натрий сульфат иштирокидаги эрувчанлиги тоза сувдагига нисбатан:

$$\frac{10^{-5}}{10^{-8}} = 1000 \text{ марта кам бўлади.}$$

3- масала.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг 0,1 M калий хлорид эритмасидаги эрувчанлигини ҳисобланг ( $\text{ЭК}_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = 2,3 \cdot 10^{-9}$ ).

Ечиш. Эритманинг ион кучи

$$\mu = \frac{1}{2} (4,79 \cdot 10^{-5} \cdot 2^2 + 4,79 \cdot 10^{-5} \cdot 2^2 + 0,1 \cdot 1^3) = 0,1$$

$\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  ионларининг концентрацияси қуйидагича ҳисобланади:

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = \sqrt{\text{ЭК}_{\text{CaC}_2\text{O}_4}} = \sqrt{2,3 \cdot 10^{-9}} = 4,79 \cdot 10^{-5}$$

Эритма ион кучи 0,1 бўлганда  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  ионларининг активлик коэффициентлари:

$$f_{\text{Ca}^{2+}} = f_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}} = 0,40$$

Демак,

$$S = \sqrt{\frac{2,3 \cdot 10^{-9}}{0,40^2}} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Шундай қилиб, чўкманинг 0,1 M калий хлориддаги эрувчанлиги тоза сувдагига нисбатан

$$\frac{1,26 \cdot 10^{-4}}{4,79 \cdot 10^{-5}} = 2,6 \text{ марта катта.}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

134. Қуйидаги тузларнинг эрувчанликларини  $[M]$  ҳисобланг: 1)  $\text{SrSO}_4$  нинг 0,1 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  да; 2)  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  нинг 0,1 M  $\text{KCl}$  да; 3)  $\text{AgJO}_3$  нинг 0,2 M  $\text{KJO}_3$  да 4)  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг 0,01 M  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  да.

135.  $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$  нинг қуйидаги эритмалардаги эрувчанлигини ҳисобланг: 1/  $\text{H}_2\text{O}$ ; 2/ 0,1 M  $\text{AgNO}_3$ ; 3/ 0,01 M  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ; 4/ 0,002 M  $\text{KNO}_3$  да.

136.  $\text{AgJ}$  нинг  $0,01 \text{ M}$   $\text{KNO}_3$  эритмасидаги эрувчанлигини ( $\text{ЭК}_{\text{AgJ}} = 7,3 \cdot 10^{-7}$ ), шунингдек шу эритмадаги  $\text{AgJ}$  нинг эрувчанлиги тоза сувдагига нисбатан неча марта катта эканлигини ҳисобланг.

137.  $\text{FeS}$  нинг  $4,4 \text{ г}$   $\text{MgSO}_4$  эритмасидаги эрувчанлигини сувдагига нисбатан неча марта катта эканлигини ҳисобланг ( $\text{ЭК}_{\text{FeS}} = 3,2 \cdot 10^{-18}$ ).

138.  $1 \text{ л}$   $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг тўйинган сувли эритмасидаги эрувчанлигини  $0,1 \text{ мг}$  га камайтириш учун шу эритмага неча мг  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  қўшиш керак?

139.  $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$  нинг  $0,01 \text{ н}$   $\text{AgNO}_3$  эритмасидаги эрувчанлиги (активлик коэффициентини ҳисобга олинг) нимага тенг?

140.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг сувдаги эрувчанлиги  $\text{NaCl}$  нинг  $0,1 \text{ н}$  эритмасидагига нисбатан қандай ўзгаради?

141.  $\text{MnC}_2\text{O}_4$  нинг ЭК сига асосланиб қуйидаги эритмаларнинг эрувчанлигини ҳисобланг: 1/  $\text{H}_2\text{O}$ ; 2/  $0,1 \text{ M}$   $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ; 3/  $0,001 \text{ M}$   $\text{KF}$ ; 4/  $0,02 \text{ M}$   $\text{KNO}_3$ .

142.  $20 \text{ мл}$   $0,08 \text{ M}$   $\text{Na}_3\text{AsO}_4$  га  $0,12 \text{ M}$   $30 \text{ мл}$   $\text{AgNO}_3$  қўшилди. Эритмада неча мг мишьяк қолади?

143.  $0,02 \text{ M}$   $50 \text{ мл}$   $\text{CaCl}_2$  га  $0,03 \text{ M}$   $50 \text{ мл}$   $\text{K}_2\text{SO}_4$  қўшилди. Эритмада қанча /г/ л  $\text{CaSO}_4$  қолади?

144.  $0,2 \text{ M}$   $\text{MgSO}_4$  ва  $0,2 \text{ M}$   $\text{NH}_4\text{OH}$  ўзаро тенг ҳажмда аралаштирилди. Бу аралашмага  $0,2 \text{ M}$   $\text{NH}_4\text{Cl}$  қўшилди.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  чўкмага тушадими?

145.  $\text{CaSO}_4$  нинг тўйинган эритмаси тенг ҳажмда  $1 \text{ л}$  да  $0,0248 \text{ г}$   $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  бўлган эритма билан аралаштирилди.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  чўкмага тушадими?

146.  $1 \text{ л}$  да  $0,01 \text{ M}$   $\text{KCl}$  ва  $0,1 \text{ M}$   $\text{K}_2\text{CrO}_4$  бўлган эритмага аста-секин  $\text{AgNO}_3$  қўшила бошланса, қайси юлда олдин чўкмага тушади?

147.  $20 \text{ мл}$  эритмада  $20 \text{ мл}$   $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ва  $15 \text{ мг}$   $\text{K}_2\text{SO}_4$  бор. Эритмага оз-оздан  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  қўшилса, қайси туз биринчи чўкмага тушади?

148.  $200 \text{ мл}$  эритма таркибида  $0,02 \text{ г-экв}$  натрий оксалат ва натрий хлорид бор. Эритмага  $\text{AgNO}_3$  қўшилса,  $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$  чўкмага туша бошлаганда хлорид иони концентрацияси қандай бўлади?

149.  $100 \text{ мл}$  эритмада  $0,01 \text{ г-экв}$   $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{Sr}^{2+}$  ионлари бор. Фақат барийни чўктириш учун эритмага қанча /М/ миқдорда  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  қўшиш керак /бунда стронций чўкмага тушмасин/. Эритмадаги барийнинг концентрациясини ҳисобланг.

150.  $5 \text{ мл}$   $\text{CaSO}_4$  нинг тўйинган эритмасини  $20 \text{ мл}$  да  $0,5 \text{ мг-ион/л}$  стронций бўлган эритмага қўшганда  $\text{SrSO}_4$  чўкмага тушадими?

151.  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Ba}^{2+}$  ионларининг концентрациялари қандай нисбатда бўлганда  $\text{H}_2\text{SO}_4$  таъсирида бир вақтнинг ўзида барий ва кальций сульфатлар ҳолида чўкади?

152.  $\text{CO}_3^{2-}$  ва  $\text{CrO}_4^{2-}$  ионларининг концентрациялари қандай нисбатда бўлганда бир вақтнинг ўзида  $\text{PbCO}_3$  ва  $\text{PbCrO}_4$  лар чўкмага тушади?

153.  $\text{SrCO}_3$  ва  $\text{CaCO}_3$  ларни бир вақтда чўктириш учун қайси ионнинг концентрацияси неча марта ортиқ бўлиши керак?

154.  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  ва  $\text{MgSO}_4$  ларни бир вақтда чўктириш учун қайси ионнинг концентрацияси неча марта ортиқ бўлиши керак?

pH нинг таъсири. Кучсиз кислота анионларидан ҳосил бўлган тузларнинг эрувчанлиги эритма pH ига боғлиқ, чунки эритмадаги водород ионларининг миқдори кучсиз кислотанинг диссоциланишига ва ўз навбатида чўктирувчи анионларнинг концентрациясига таъсир этади.

Бундай ҳолларда эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаш учун қуйидаги муносабатдан фойдаланилади:

$$\text{ЭК} = [Kt^+] \cdot C_{\text{An}^-} \cdot a$$

бунда  $C_{\text{An}^-}$  — анионнинг умумий концентрацияси;

$$C_{\text{An}^-} = [\text{An}^-] + [\text{HAn}]$$

$a$  чўктирувчи анион қисми:

$$a = \frac{[\text{An}^-]}{[\text{An}^-] + [\text{HAn}]}$$

Агар  $\text{HAn}$  концентрацияси кучсиз кислотанинг диссоциланиш константаси орқали ифодаланиб ва бу қиймат юқоридаги формулага қўйилса,

$$a = \frac{K}{[\text{H}^+] + K}$$

$a$  ни билган ҳолда эрувчанликни pH нинг ҳар қандай қиймати учун қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$S = [Kt^+] = C_{\text{An}^-} = \sqrt{\frac{\text{ЭК}_{\text{ktAn}}}{a}}$$

Бу тенглама ионларнинг заряди тенг бўлган чўкмалар учун қўлланилади.

$$\text{Чўкма } \text{Me}_2\text{An} \text{ бўлса, } S = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Me}_2\text{An}}}{3a}}$$

$$\text{Me}_3\text{An} \text{ учун } S = \sqrt[4]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Me}_3\text{An}}}{27a}}$$

$$\text{MeAn}_2 \text{ учун } S = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{MeAn}_2}}{4a^2}}$$

$$\text{Me}_3\text{An}_2 \text{ учун } S = \sqrt[5]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Me}_3\text{An}_2}}{108a^2}}$$

Умумий ҳолатда  $\text{Me}_m\text{An}_n$  типдаги чўкма учун,  $\text{Me}_m\text{An}_n \rightleftharpoons m\text{Me}^{n+} + n\text{An}^{m-}$  бўлса,  $[\text{Me}^{n+}] = mS$ ;  $[\text{An}^{m-}] = nS$  бўлади ва

$$\text{ЭК}_{\text{Me}_m\text{An}_n} = (mS)^m \cdot (nS)^n = m^m \cdot n^n S^{m+n}.$$

Бундан,

$$S = \sqrt[m+n]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Me}_m\text{An}_n}}{m^m \cdot n^n \cdot a^n}}$$

Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала.  $\text{AgJO}_3$  нинг эрувчанлигини  $\text{pH} = 2$  бўлганда ҳисобланг  
 $[\text{ЭК}_{\text{AgJO}_3} = 3 \cdot 10^{-8}$ ,  $\text{K}_{\text{HJO}_3} = 1,6 \cdot 10^{-1}$ .  
 Е ч и ш.

$$a = \frac{1,6 \cdot 10^{-1}}{10^{-2} + 1,6 \cdot 10^{-1}} = 0,94$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 10^{-8}}{0,94}} = 1,78 \cdot 10^{-4} \text{M}$$

2-масала.  $\text{BaF}_2$  нинг  $0,1 \text{ M}$  хлорид кислота эритмасидаги эрувчанлигини ҳисобланг. Бу эрувчанлик тоза сувдаги эрувчанликка нисбатан неча марта катта ( $\text{ЭК}_{\text{BaF}_2} = 1,73 \cdot 10^{-6}$ ;  $\text{K}_{\text{HF}} = 7,4 \cdot 10^{-4}$ )

Е ч и ш.  $\text{BaF}_2$  нинг эрувчанлиги  $S$  /г-ион/л/ билан белгиланса,  $[\text{Ba}^{2+}] = S$  ва  $[\text{F}^-] = 2Sa$  /бунда  $a$  HF ва  $\text{BaF}_2$  даги умумий  $\text{F}^-$  миқдори/, а тенгламага асосан ҳисобланса:

$$a = \frac{\text{K}_{\text{HF}}}{[\text{H}^+] + \text{K}_{\text{HF}}} = \frac{7,4 \cdot 10^{-4}}{0,01 + 7,4 \cdot 10^{-4}} = 0,069$$

$$\text{ЭК}_{\text{BaF}_2} = [\text{Ba}^{2+}][\text{F}^-]^2 = S(2Sa)^2 = 4a^2S^3$$

Бундан

$$S_{\text{BaF}_2} = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{BaF}_2}}{4a^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,73 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 0,069^2}} = 4,5 \cdot 10^{-2}$$

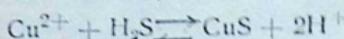
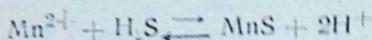
$\text{BaF}_2$  нинг тоза сувдаги эрувчанлиги

$$S_{\text{BaF}_2} = \sqrt[3]{\frac{\text{ЭК}_{\text{BaF}_2}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,73 \cdot 10^{-6}}{4}} = 7,56 \cdot 10^{-3}$$

Демак,  $\text{BaF}_2$  нинг  $0,01 \text{ M}$  хлорид кислота эритмасидан ирил-чанлиги сувдагига нисбатан 6 марта катта экан.

3-масала. Агар  $\text{Mn}^{2+}$  ва  $\text{Cu}^{2+}$  ионларининг концентрациялари  $C_{\text{Mn}^{2+}} = 0,03 \text{ г-ион/л}$  ва  $C_{\text{Cu}^{2+}} = 0,05 \text{ г-ион/л}$  га тенг бўлса, pH нинг қандай минимал қийматида  $\text{Mn}^{2+}$  ва  $\text{Cu}^{2+}$  ионларини эритmani водород сульфид билан тўйинтириб сульфидлар ҳолида ажратилиши мумкин.

Е чи ш. Таркибда  $\text{Mn}^{2+}$  ва  $\text{Cu}^{2+}$  ионлари бўлган эритmani водород сульфид билан тўйинтирганда сульфидларнинг ҳосил бўлиши қуйидаги реакция бўйича боради:



Иккала реакция учун ҳам мувозанат константаси ҳисобланса,

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{Mn}^{2+}][\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{Mn}^{2+}][\text{H}_2\text{S}][\text{S}^{2-}]} =$$

$$= \frac{K_{1,2}}{\text{Э}K_{\text{MnS}}} = \frac{1,3 \cdot 10^{-20}}{2,5 \cdot 10^{-10}} = 5,20 \cdot 10^{-11}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{Cu}^{2+}][\text{H}_2\text{S}]} = \frac{K_{1,2}}{\text{Э}K_{\text{CuS}}} = \frac{1,3 \cdot 10^{-20}}{6,3 \cdot 10^{-36}} = 2,06 \cdot 10^{15}$$

$K_1$  ва  $K_2$  қийматлар шунини кўрсатяптики,  $\text{CuS}$  нинг ҳосил бўлиш эҳтимоллиги  $\text{MnS}$  нинг ҳосил бўлишига нисбатан каттароқ  $\text{MnS}$  нинг чўкмайдиган ҳолатидаги минимал  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясини  $x$  билан белгилаймиз, яъни  $[\text{H}^+] = x \text{ г-ион/л}$ ,  $[\text{Mn}^{2+}] = 0,03 \text{ г-ион/л}$  ва  $[\text{H}_2\text{S}] = 0,1 \text{ M}$ . Бу қийматларни тенглама  $|K_1|$  га қўйсак:

$$K_1 = 5,20 \cdot 10^{-11} = \frac{x^2}{0,03 \cdot 0,1}$$

Бундан

$$x = [\text{H}^+] = \sqrt{0,03 \cdot 0,1 \cdot 5,20 \cdot 10^{-11}} = 3,95 \cdot 10^{-7} \text{ г-ион/л}$$

$$\text{ва } \text{pH} = -\lg 3,95 \cdot 10^{-7} = 7 - 0,60 = 6,40.$$

pH нинг шу қиймати учун  $K_2$  дан фойдаланиб,  $\text{Cu}^{2+}$  ионлари концентрацияси ҳисобланса,

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{Cu}^{2+}][\text{H}_2\text{S}]} = \frac{(3,95 \cdot 10^{-7})^2}{[\text{Cu}^{2+}] \cdot 0,1} = 2,06 \cdot 10^{-15}$$

Бундан

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{(3,95 \cdot 10^{-7})^2}{0,1 \cdot 2,06 \cdot 10^{-15}} = 7,56 \cdot 10^{-28} \text{ г-ион/л}$$

Эритмада ионларнинг концентрацияси  $10^{-6} \text{ г-ион/л}$  дан кам бўлса, эритмада шу ионнинг чўкиши содир бўладди. Шундай қилиб, эритманинг pH ни 6,40 бўлса,  $\text{MnS}$  ҳосил бўлмайди.  $\text{Cu}^{2+}$  ионлари  $\text{CuS}$  ҳолда чўкди. Буни ионлар концентрацияларининг кўпайтмаси

$[Cu^{2+}][S^{2-}]$  билан ва  $\Delta K_{CuS}$  қийматини солиштириш билан ҳам кўрсатиш мумкин.  $pH = 6,40$  бўлганда тенгламага асосан

$$[S^{2-}] = \frac{K_{1,2} C_{H_2S}}{[H^+]^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-20} \cdot 0,1}{(3,95 \cdot 10^{-7})^2} = 8,33 \cdot 10^{-9} \text{ г-ион/л.}$$

$$[Cu^{2+} = S^{2-}] = 0,05 \cdot 8,33 \cdot 10^{-9} = 4,17 \cdot 10^{-10}$$

Бу эса,  $\Delta K_{CuS} = 6,3 \cdot 10^{-36}$  дан анча каттадир. Демак, чўкмада  $CuS$  ҳосил бўлади.

Агар водород ионлари концентрацияси  $K$  га яқин ёки ундан кичик бўлса, у ҳолда сульфид-ионлар концентрацияси қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$[S^{2-}] = \frac{C_{H_2S} \cdot K_{1,2}}{[H^+]^2 + K [H^+] K_{1,2}}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

155.  $pH = 11,0$  бўлган  $Mg(OH)_2$  эритмасидаги  $Mg^{2+}$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

156.  $pH$  нинг қандай қийматида  $CoCl_2$  нинг  $0,1 M$  эритмасидан  $Co(OH)_2$  чўкмага туша бошлайди?

157.  $pH$  нинг қандай қийматида эритмани  $H_2S$  билан тўйинтириб миқдорий жиҳатдан қуйидаги ионларни чўктириш мумкин: 1/  $Zn^{2+}$  ни  $ZnS$  ҳолатида; 2/  $Cd^{2+}$  ни  $CdS$  ҳолатида; 3/  $Ni^{2+}$  ни  $NiS$  ҳолатида.

158. Қандай  $pH$  қийматида  $0,1 M Zn(NO_3)_2$  эритмасини  $H_2S$  билан тўйинтирганда  $ZnS$  чўкмаси ҳосил бўлмайди?

159.  $pH$  нинг қандай минимал қийматида эритмани  $H_2S$  билан тўйинтирсак, қуйидаги бирикмалардан чўкма туша бошлайди:

1/  $0,01 M FeSO_4$  дан  $FeS$ ; 2/  $0,05 M CoCl_2$  дан  $CoS$ ;  
3/  $0,1 M MnCl_2$  дан  $MnS$ .

160.  $pH = 1,0$  бўлган  $2 \cdot 10^{-3} M Pb(NO_3)_2$  эритмасига водород сульфид юборилганда  $PbS$  чўкмага тушадими?

161.  $0,2 M HCOOH$  ва  $2 \cdot 10^{-3} M FeSO_4$  дан иборат бўлган эритма водород сульфид билан тўйинтирилса,  $FeS$  чўкмага тушадими?

162.  $pH$  ни  $6,0$  га тенг бўлган  $H_2S$  билан тўйинтирилган  $20$  мл эритмада  $MnCl_2$  миқдори қанча бўлганда  $MnS$  ҳосил бўлади?

163. Қўрғошинни водород сульфид билан чўктирилганда,  $0,3$  г-ион/л  $H^+$  ионлари бор бўлган эритмада қанча  $PbS$  /г-ион/л қолади?

164. Эритмада  $H^+$  ионлари концентрацияси  $0,4$  г-ион/л га тенг. Шу эритмада  $Cd^{2+}$  ионларининг концентрация-

сини водород сульфид ёрдамида чўктирилгандан сўнг ҳисобланг.

165.  $H^+$  ионлари концентрацияси 0,3 г-ион/л бўлган эритмада  $Fe^{2+}$  ва  $Cu^{2+}$  ионлари бор. Агар эритма водород сульфид билан тўйинтирилса қайси ион чўкмага тушади?

166.  $H^+$  ионлари концентрацияси 0,2 г-ион/л бўлган эритмадан водород сульфид ёрдамида  $Fe^{2+}$  ионларини чўкмага тушириш мумкинми?

167. Эритмадан  $Sn^{2+}$  ионларини водород сульфид ёрдамида тўлиқ чўктириш учун  $[H^+]$  нинг қиймати қандай бўлиши керак?

168. 0,5 н сирка кислота эритмасида  $Mn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  ва  $Cu^{2+}$  ионлари бор. Эритмани водород сульфид ёрдамида тўйинтирганда ионлардан қайси бири чўкмага тушади?

Гидролизнинг таъсири. Эрувчанлик кўпайтмаси қондаси ёрдамида гидролизнинг тузлар эрувчанлигига таъсири ҳам ҳисобга олинади.

Агар чўкманинг ЭҚ қиймати кичик бўлса, анионнинг гидролизи натижасида ҳосил бўлувчи  $OH^-$  ионларининг концентрацияси ҳисобга олинмаса ҳам бўлади. Бу ҳолатда  $pH = 7$ , водород ионлари концентрацияси эса  $10^{-7}$  г-ион/л га тенг деб қабул қилинади.

Бир асосли кислота тузи анионнинг гидролизга йўлиқмаган қисми ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади

$$a = \frac{K}{[H^+] + K} \quad /3.30/$$

Икки асосли кислота тузи анионининг гидролизланмаган қисми эса қуйидагича аниқланади:

$$a_2 = \frac{K_1 \cdot K_2}{[H^+]^2 + K_1[H^+] + K_1 \cdot K_2} \quad (3.31)$$

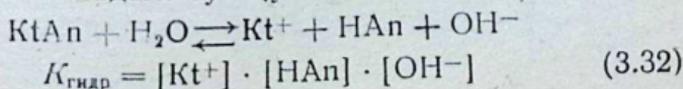
ёрдамида топилади.

$K_1$  ва  $K_2$  кислотанинг диссоциланиш константалари.

Агар  $ЭК_{Me_mAn_n} \ll 10^{-14}$  бўлса,  $Me_mAn_n$  типидagi чўкма учун эрувчанлик қуйидагича ҳисобланади:

$$S = \sqrt[m+n]{\frac{ЭК_{Me_mAn_n}}{m^m \cdot n^n \cdot a^n}}$$

Агар тузнинг гидролизланиш даражаси жуда катта бўлса, у ҳолда гидролиз натижасида ҳосил бўлувчи  $OH^-$  ионлари концентрациясини, албатта ҳисобга олиш керак.  $KtAn$  типидagi туз қуйидагича гидролизланади:



Агар тенгламанинг ўнг томонини  $[H^+] \cdot [An^-]$  га кўпайтирилса ва бўлинса:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[Kt^+] \cdot [HAn] [An^-] [H^+] [OH^-]}{[H^+] \cdot [An^-]} = \frac{\text{Э}K_{KtAn} \cdot K_{H_2O}}{K_{HAn}}$$

чунки

$$K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-]$$

Аммо гидролиз вақтида  $[HAn] = [OH^-] = [Kt^+] = S$ .  $K_{\text{гидр}}$  муносабатда концентрация ўрнига эрувчанлик  $S$  ни қўйсак бўлади,

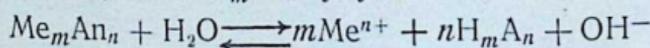
$$K_{\text{гидр}} = S^3 = \frac{\text{Э}K_{KtAn} \cdot K_{H_2O}}{K_{HAn}} \quad (3.34)$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{\text{Э}K_{KtAn} \cdot K_{H_2O}}{K_{HAn}}} \quad (3.35)$$

$Kt_2An$  типигаги икки асосли кучсиз кислота анионининг гидролизи натижасидаги эрувчанлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$S = \sqrt[4]{\frac{\text{Э}K_{Kt_2An} \cdot K_{H_2O}}{4K_{HAn}}} \quad (3.36)$$

Умумий ҳолда  $Me_mAn_n$  учун



$$K_{\text{гидр.}} = \frac{\text{Э}K_{Me_mAn_n} \cdot K_{H_2O}}{K_{HAn}}$$

янада аниқроқ қилиб,  $[OH^-] = S$ ;

$$K_{H_2O} = [H^+][OH^-] = [H^+] \cdot S$$

$$\text{дан } [H^+] = \frac{K_{H_2O}}{S} \quad S = \sqrt[m+n]{\frac{\text{Э}K_{Me_mAn_n}}{m^m \cdot n^n \cdot a^n}} \quad (3.37)$$

*Масалалар ечишга доир намуналар*

1-масала. Қўрғошни сульфиднинг сувдаги эрувчанлигини фақат анионга нисбатан гидролизланишини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг:

$$\text{Э}K_{PbS} = 2,5 \cdot 10^{-27}, \quad K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8} \quad \text{ва} \quad K_2 = 1,3 \cdot 10^{-13}.$$

Ечиш. Юқоридаги /3.31/ тенгламадан фойдаланиб,  $a_2$  топилади.

$$a_2 = \frac{8,9 \cdot 10^{-8} \cdot 1,3 \cdot 10^{-13}}{(10^{-7})^2 + 8,9 \cdot 10^{-8} \cdot (10^{-7}) + 8,9 \cdot 10^{-8} \cdot 1,3 \cdot 10^{-19} M} = 6 \cdot 10^{-7}$$

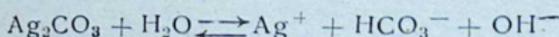
$$S = \sqrt[2]{\frac{\text{Э}K_{PbS}}{a_2}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-27}}{6 \cdot 10^{-7}}} = 6,3 \cdot 10^{-11} M.$$

2-масала. Карбонат ионини гидролизланишини ҳисобга олган ҳолда  $\text{CdCO}_3$  нинг эрувчанлигини ҳисобланг  $|\text{ЭК}_{\text{CdCO}_3} = 5,2 \cdot 10^{-12}$ ,  $K_1 = 4 \cdot 10^{-7}$ ;  $K_2 = 5 \cdot 10^{-11}$ /.  
Еч и ш.

$$S = \sqrt[3]{\frac{5,2 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-14}}{5,0 \cdot 10^{-11}}} = 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

3-масала.  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  нинг эрувчанлигини тузнинг анион бўйича гидролизланишини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг  $|\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} = 8 \cdot 10^{-12}$ , карбонат кислотанинг диссоциланиш константаси  $K_1 = 4 \cdot 10^{-7}$  ва  $K_2 = 5 \cdot 10^{-11}$ .

Еч и ш.  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  нинг эрувчанлиги катта, аммо  $K_2$  кичик, шунинг учун тузнинг гидролизланиш тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:



Гидролизланиш константаси:

$$K_{\text{гидр.}} = [\text{Ag}^+][\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-] = \frac{\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{H}_2\text{CO}_3}}$$

Реакция тенгламасидан шу нарса кўринадики,  $[\text{HCO}_3^-] = [\text{OH}^-] = [\text{Ag}^+]/2 = S$ . Гидролиз константаси эрувчанлик орқали ифодаланса:

$$K_{\text{гидр.}} = (2S)^2 \cdot S \cdot S = 4S^4$$

Демак,

$$4S^4 = \frac{\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{H}_2\text{CO}_3}}$$

Бундан,

$$S = \sqrt[4]{\frac{\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{4K_{\text{H}_2\text{CO}_3}}} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-14}}{4 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

Чўкмаларнинг эрувчанлиги катион бўйича гидролизига нисбатан унчалик катта амалий аҳамиятга эга бўлмаганлиги учун биз бунга тўхталиб ўтирмаймиз.

Агар тузнинг ЭК қиймати жуда кичик бўлса, у ҳолда катион ва анион гидролизи бўйича тузларнинг эрувчанлигини ҳисоблаш учун система рН ини 7 га тенг деб олса бўлади. Бу ҳолатда гидролизланмаган катион қисми гидролизланмаган анион қисмига тенг бўлади ва улар қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

бир асосли кислота тузи учун

$$a_1 = \frac{K}{[\text{H}^+] + K}$$

Икки асосли кислота тузи учун

$$a_2 = \frac{K_1 \cdot K_2}{[H^+] + K_2[H^+] + K_1 \cdot K_2}$$

*Мустақил ечиш учун масалалар*

169. Сульфид иони гидролизини ҳисобга олган ҳолда: а/ мис сульфид ( $CuS$ ) нинг сувдаги эрувчанлигини ва б/тўйинган эритмада неча грамм мис сульфид қолишини ҳисобланг / $\Delta K_{CuS} = 2,5 \cdot 10^{-48}$ ;  $H_2S$  учун  $K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-15}$ /.

170.  $PbS$  нинг сувдаги эрувчанлигини сульфид иони гидролизини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг /  $\Delta K_{PbS} = 6,8 \cdot 10^{-29}$ ;  $K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-15}$ /.

171. Карбонат кислотанинг диссоциланиш константалари  $K_1 = 4,3 \cdot 10^{-7}$  ва  $K_2 = 5,6 \cdot 10^{-11}$  га тенг. Кислота гидролизини ҳисобга олган ҳолда  $Ba$ ,  $Mn$ ,  $Ag$ ,  $Pb$  карбонатларнинг сувдаги эрувчанлигини ( $\Delta K_{BaCO_3} = 5,1 \cdot 10^{-9}$ ;  $\Delta K_{MnCO_3} = 1,8 \cdot 10^{-11}$ ;  $\Delta K_{Ag_2CO_3} = 8,2 \cdot 10^{-12}$ ;  $\Delta K_{PbCO_3} = 5,2 \cdot 10^{-13}$ ) ва ҳар бир тузнинг тўйинган эритмаси  $pH$  ини ҳисобланг.

172. Симоб /I/-сульфиднинг тоза сувдаги эрувчанлигини сульфид иони гидролизини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг ва у гидролизни ҳисобга олмагандаги эрувчанликдан неча марта катталигини кўрсатинг / $\Delta K_{Hg_2S} = 1 \cdot 10^{-47}$ ;  $H_2S$  учун  $K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$  ва  $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-15}$ /.

173. Карбонат иони гидролизини ҳисобга олган ҳолда  $Hg_2CO_3$  нинг эрувчанлигини ҳисобланг / $\Delta K_{Hg_2CO_3} = 9 \cdot 10^{-17}$ ;  $Hg_2CO_3$  учун  $K_1 = 4,3 \cdot 10^{-7}$ ;  $K_2 = 5,6 \cdot 10^{-11}$ /.

174.  $CdS$  нинг тўйинган эритмасида кадмий ионлари концентрациясини анион бўйича гидролизини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг:

$$\Delta K_{CdS} = 7,9 \cdot 10^{-27}$$

175. Сульфид иони гидролизини ҳисобга олган ҳолда  $SnS$  нинг тўйинган эритмасидаги  $Sn^{2+}$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

176. Сульфид иони гидролизини ҳисобга олган ҳолда  $CuS$  нинг тўйинган эритмасидаги  $Cu^{2+}$  ионлари концентрациясини /г/л да/ ҳисобланг.

177. Гидролизни ҳисобга олган ҳолда қуйидаги тузлар  $\Delta K$  ини ва тўйинган эритмасининг  $pH$  ини ҳисобланг:

- 1)  $AgCN$     2)  $Ba_3(PO_4)_2$     3)  $Cd_3(AsO_4)_2$   
4)  $CoC_2O_4$     5)  $CuCO_3$     6)  $TiCrO_4$ ;    7)  $Ag_2HVO_4$ ;

8)  $ZnC_2O_4(H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-)$  ҳисобга олинг; 9)  $Pb_3(PO_4)_2$  (анион ва катион гидролизини ҳисобга олинг; 10)  $NiSeO_3$ ; 11)  $SiSO_3$ .

Комплекс ҳосил бўлишининг чўкма эрувчанлигига таъсири. Қийин эрувчан чўкманинг эрувчанлиги комплекс ҳосил қилувчи ион иштирокида қуйидагича ҳисобланади. Комплексга боғланмаган металл миқдорини  $\beta$  билан, металл ионининг умумий концентрациясини  $C_{Me}$  билан, анион концентрациясини  $[An^-]$  билан белгиланса, у ҳолда  $\beta = \frac{C_{Me}}{[Me]}$  бўлади.

Металлнинг умумий концентрациясини:

$$C_{Me} = [Me] + [Me_x] + [Me_{x_2}] + \dots + [Me_{x_n}]$$

Комплекс ҳосил бўлишининг ҳар бир босқич константалари қийматлари ҳисобга олинса, у ҳолда:

$$C_{Me} = [Me](1 + K_1[x] + K_1K_2[x^2] + \dots + \sum_{i=1}^n K_i[x]^n) \quad /3.38/$$

Комплексга боғланмаган металл миқдори:

$$\beta = \frac{1}{1 + K_1[x] + K_1K_2[x]^2 + \dots + \sum_{i=1}^n K_i[x]^n} \quad /3.39/$$

$\beta = \frac{C_{Me}}{[Me]}$  тенгласидан кўришиб турибдики,

$$S = [An^-] = C_{Me} = \sqrt{\beta} = \sqrt{\frac{C_{Me}}{\beta}} = \sqrt{\frac{C_{Me}}{C_{Me} \beta}} = \sqrt{\frac{1}{\beta}} = \sqrt{\frac{1}{1 + K_1[x] + K_1K_2[x]^2 + \dots + \sum_{i=1}^n K_i[x]^n}} \quad (3.40)$$

Қуйидаги процессларда чўкманинг эрувчанлигига бир исмли ортиқча ион миқдори билан чўкма анионидан ҳосил бўлган комплекс таъсирини кўриш мумкин.

$$1. Me + An \rightleftharpoons MeAn \quad K = \frac{[MeAn]}{[Me][An]} = \frac{1}{\beta} \text{ чўкма ҳосил}$$

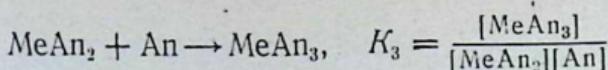
бўлади.

2. Эритмада  $MeAn$  молекуласининг ҳосил бўлиши:

$$Me + An \rightleftharpoons MeAn, \quad K_1 = \frac{[MeAn]}{[Me][An]} = \frac{1}{\beta}$$

3. Комплексларнинг ҳосил бўлиш кетма-кетлиги:

$$MeAn + An \rightleftharpoons MeAn_2, \quad K_2 = \frac{[MeAn_2]}{[MeAn][An]}$$



бунда  $K_1$  ва  $K_2$  лар тегишли процессларнинг мувозанат константалари.

Чўкманинг эрувчанлиги умумий металл концентрацияси билан аниқланади:

$$S = [\text{Me}] + [\text{MeAn}][\text{MeAn}_2] + \dots + [\text{MeAn}_n] \quad /3.41/$$

ва тегишли константалар концентрацияси қийматини қўшилишидан ҳосил қилинади, яъни

$$S = \frac{\text{ЭК}}{[\text{An}]} + K_1 \text{ЭК} + K_1 K_2 \text{ЭК}[\text{An}] + K_1 K_2 K_3 \text{ЭК}[\text{An}]^2 + \dots \quad /3.42/$$

ёки

$$S = \text{ЭК} \frac{1}{[\text{An}]} + K_1 + K_1 K_2 [\text{An}] + K_1 K_2 K_3 [\text{An}]^2 + \dots \quad /3.43/$$

#### Масалалар ечишга долр намуналар

**1-масала.** 0,1 М  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасидаги  $\text{AgCl}$  эрувчанлигини аниқланг ( $pK_1 = 3,2$ ;  $pK_2 = 3,8$ ,  $\text{ЭК}_{\text{AgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10}$ ),

$$K_1 \text{ комплексининг барқарорлик константаси} = \frac{1}{K_1}$$

$$pK_1 = -\lg K_1.$$

Ечиш:  $K_1 = 1,6 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_2 = 6,6 \cdot 10^3$ .

$$\frac{1}{\beta} = 1 + 1,6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-1} + 6,0 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2} = 9,6 \cdot 10^4 = 10^5.$$

$$\beta = 10^{-5};$$

$$S = \sqrt{\frac{\text{ЭК}}{\beta}} = \sqrt{\frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{10^{-5}}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ М}$$

Демак,  $S_{\text{AgCl}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ .

**2-масала.** 2,5 М  $\text{KCl}$  эритмасидаги  $\text{PbCl}_2$  нинг эрувчанлигини  $pK_1 = 1,60$ ;  $pK_{1,2} = 1,78$ ;  $pK_{1,2,3} = 1,7$  ва  $pK_{1,2,3,4} = 1,4$ ,  $\text{ЭК}_{\text{PbCl}_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$  ( $pK_1 = -\lg K_1$ ,  $K_1 = \frac{1}{K_1}$ ) лардан фойдаланиб ҳисобланг.

$$\text{Ечиш. } S = 1,6 \cdot 10^{-5} / \frac{1}{2,5} + 40 + 60 \cdot 2,5 + 50 \cdot 2,5^2 + 25 \cdot 2,5^3 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ М.}$$

Демак,  $S = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ М}$ .

Мустақил ечиш учун масалалар

178. 0,01 M AgSCN нинг  $\text{NH}_3$  эритмасидаги эрувчанлигини ҳисобланг / $\text{ЭK}_{\text{AgSCN}} = 1,1 \cdot 10^{-2}$ , аммиакли комплекслар учун  $K_1 = 3,22$ ;  $K_2 = 3,92$ /.

179. 0,01 M  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ва 0,001 M  $\text{NH}_3$  буфер эритмасидаги AgSCN нинг эрувчанлигини ҳисобланг / $\text{ЭK}_{\text{AgSCN}} = 1,1 \cdot 10^{-2}$ , аммиакли комплекслар учун  $K_1 = 3,32$  ва  $K_2 = 3,92$ /.

180.  $\text{ЭK}_{\text{PbJ}_2} = 1,1 \cdot 10^{-9}$ , тиосульфат ионлари билан босқич билан ҳосил бўлган қўрғошин комплексларининг логарифм константалари мос равишда 5,13 ва 1,22 га тенг эканлигини ҳисобга олиб  $\text{PbJ}_2$  нинг 0,01 M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасидаги эрувчанлигини ҳисобланг.

181. CdS нинг 0,001 M KCN эритмасидаги эрувчанлигини  $\text{ЭK}_{\text{CdS}} = 7,9 \cdot 10^{-27}$  ва циан-кадмий комплекси босқичли константасининг логарифмик суммаси 18,81 га тенглигидан фойдаланиб ҳисобланг.

182. 0,002 M  $\text{AgNO}_3$  эритмаси 0,01 M KBr эритмаси билан қўшилди. Агар  $\text{ЭK}_{\text{AgBr}} = 5,3 \cdot 10^{-13}$  ва тиомочевинали кумуш комплексининг барқарорлик константаси  $7 \cdot 10^{-14}$  га тенг бўлса, қандай тиомочевина концентрациясида AgBr чўкмага тушмайди?

183. 0,1 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасидаги AgOH нинг эрувчанлигини ҳисобланг ( $\text{pK}_1 = 8,82$ ;  $\text{pK}_{1,2} = 13,46$ ,  $\text{ЭK}_{\text{AgOH}} = 1,6 \cdot 10^{-8}$ ).

184. 1 л  $\text{PbCl}_2$  нинг тўйинган эритмасига 0,2 M KCl эритмасидан қўшилган.  $\text{Pb}^{2+}$  иони концентрациясини ҳисобланг ( $\text{pK}_1 = 1,60$ ;  $\text{pK}_{1,2} = 1,78$ ;  $\text{pK}_{1,2,3} = 1,7$ ;  $\text{pK}_{1,2,3,4} = 1,4$ ;  $\text{ЭK}_{\text{PbCl}_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$ ).

185.  $\text{Hg}(\text{OH})_2$  нинг тўйинган эритмасига 2,5 M  $\text{Hg}(\text{OH})_2$  қўшилган.  $\text{Hg}^{2+}$  иони концентрациясини ҳисобланг.

( $\text{ЭK}_{\text{Hg}(\text{OH})_2} = 3,0 \cdot 10^{-26}$ ;  $\text{pK}_1 = 8,8$ ;  $\text{pK}_{1,2} = 17,5$ ;

$\text{pK}_{1,2,3} = 18,5$ ;  $\text{pK}_{1,2,3,4} = 19,3$ ).

186. Агар  $\text{pK}_1 = 8,82$ ;  $\text{pK}_{1,2} = 13,46$ ;  $\text{pK}_{1,2,3} = 14,15$  бўлган 2 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  даги кумуш йодиднинг эрувчанлиги кўпми ёки кумуш хлоридникими? Жавобни ҳисоблаб тасдиқланг.

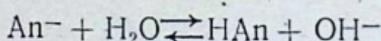
187. Агар  $\text{pK}_1 = 4,38$ ;  $\text{pK}_{1,2} = 7,34$ ;  $\text{pK}_{1,2,3} = 8,0$ ;  $\text{pK}_{1,2,3,4} = 8,73$  бўлса 2 н KJ эритмасидаги AgJ нинг эрувчанлигини ҳисобланг.

188.  $\text{pK}_1 = 5,18$ ;  $\text{pK}_{1,2} = 9,60$ ;  $\text{pK}_{1,2,3} = 13,92$ ;  $\text{pK}_{1,2,3,4} = 17,11$  ва  $\text{ЭK}_{\text{Cd}(\text{CN})_2} = 10^{-8}$  бўлган 1 н KCN эритмасидаги  $\text{Cd}(\text{CN})_2$  нинг эрувчанлигини ҳисобланг.

#### IV боб: ТУЗЛАРНИНГ ГИДРОЛИЗИ

Гидролиз константаси ва гидролизланиш даражаси гидролизланувчи туз эритмасида водород ионлари концентрациясини ва pH ини ҳисоблаш. Гидролиз — эритмадаги туз ионлари билан сув ионларининг ( $H^+$  ва  $OH^-$ ) ўзаро таъсири натижасида эритма муҳитининг ўзгариши. Гидролизланган туз молекулалари сонининг эритилган туз молекулалари сонига бўлган нисбати тузнинг *гидролизланиш даражаси* ( $h$ ) дейилади. Гидролизланиш даражаси тегишли кучсиз кислота ёки асоснинг диссоциланиш константаси тенгламасидан ва сувнинг ионли кўпайтмасидан фойдаланиб ҳисобланади.

Кучсиз кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган тузларнинг гидролизланиш реакция тенгламаси умумий ҳолда кўйидаги кўринишда ифодаланадиган қайтар процесс:



Масалан,  $CH_3COONa$ ,  $KCN$ ,  $KClO$  ва бошқалар юқоридаги схема бўйича гидролизланади. Бундай тузлар фақат анион бўйича гидролизланади, катион бўлса, ион ҳолида эритмада қолади. Юқоридаги қайтар реакцияга массалар таъсири қонунини қўллаб, мувозанат константаси топилади:

$$K = \frac{a_{HAn} \cdot a_{OH^-}}{a_{H_2O} \cdot a_{An^-}} \quad (4.1)$$

ёки

$$K \cdot a_{H_2O} = \frac{a_{HAn} \cdot a_{OH^-}}{a_{An^-}} \quad (4.2)$$

Суюлтирилган сувли эритмаларда  $a_{H_2O}$  доимий катталиқ бўлгани учун  $K \cdot a_{H_2O}$  — икки доимий катталиқ кўпайтмаси ҳам ўзгармас бўлади. Бу ўзгармас катталиқ *гидролиз константаси* деб аталади, ( $K_{гидр}$ ). Демак,

$$K_{гидр} = \frac{a_{HAn} \cdot a_{OH^-}}{a_{An^-}} \quad (4.3)$$

1) тенгламадаги активлик концентрация ва активлик коэффициенти кўпайтмаси билан алмаштирилса, у ҳолда:

$$K_{гидр} = \frac{[HAn] \cdot [OH^-]}{[An^-]} \cdot \frac{f_{HAn} \cdot f_{OH^-}}{f_{An^-}} \quad (4.4)$$

Ион кучи жуда кичик бўлган эритмаларда активлик коэффициентини 1 га тенг деб олиш мумкин, у ҳолда (4.4) тенгламадан қуйидаги содалаштирилган тенглама ҳосил бўлади:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HAn}]}{[\text{An}^-]} \quad (4.5)$$

(4.5) тенгламанинг сурат ва махражи  $[\text{H}^+]$  га кўпайтирилса:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{An}^-] \cdot [\text{H}^+]} \quad (4.6)$$

Бундан,  $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}}$  ва  $\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{An}^-]}{[\text{HAn}]} = K_{\text{HAn}}$

ёки

$$\frac{[\text{HAn}]}{[\text{H}^+] \cdot [\text{An}^-]} = \frac{1}{K_{\text{HAn}}}$$

Бу қийматларни (4.6) тенгламага қўйсак:

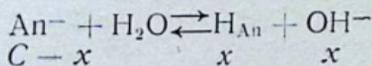
$$K_{\text{гидр.}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HAn}}} \quad (4.7)$$

25°C. да

$$pK_{\text{гидр.}} = 14 - pK_{\text{HAn}} \quad (4.8)$$

Шундай қилиб, кучсиз кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган тузлар учун гидролиз константаси сув ионлари кўпайтмасини кучсиз кислотанинг **диссоцилланиш** константасига бўлган нисбатига тенг. Кислота қанча кучсиз бўлса, у ҳосил қилган тузнинг гидролиз константаси ҳам шунча катта бўлади.

Тўзнинг бошланғич концентрациясини  $C$  ва гидролизланган қисмини  $x$  билан белгилаб, гидролиз реакцияси тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин:



Гидролизланмаган туз концентрацияси  $C - x$  билан белгиланса, шунингдек туз  $\text{Me}^+$  ва  $\text{An}^-$  га тўлиқ диссоциланган дейилса  $[\text{An}^-] = C - x$  бўлади. Худди шунингдек, гидролиз вақтида эквивалент миқдорда  $\text{OH}^-$  ва  $\text{HAn}$  ларни ҳосил бўлишини назарда тутсак, уларнинг ҳар бирини концентрацияси тузнинг гидролизга йўлиққан концентрациясига тенг бўлади, яъни  $[\text{OH}^-] = [\text{HAn}] = x$ .  $[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-]$  ва  $[\text{An}^-]$  қийматларини (4.5) тенгламага қўйсак,

$$K_{\text{гидр}} = \frac{x^2}{C-x}$$

Бундан

$$x = \frac{K_{\text{гидр}}}{2} + \sqrt{\frac{K_{\text{гидр}}^2}{4} + K_{\text{гидр}} \cdot C}$$

ёки

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{гидр}}}{2} \sqrt{\frac{K_{\text{гидр}}}{4} + K_{\text{гидр}} \cdot C} \quad (4.9)$$

Агар тузнинг гидролиз константаси ёки кислотанинг диссоциланиш константаси аниқ бўлса, (4.9) тенглама ёрдамида гидроксил ионлари концентрациясини тузнинг ҳар қандай концентрацияси учун ҳисоблаш мумкин.

Туз концентрацияси гидролиз константасидан катта бўлса ( $C \geq 10 \cdot K_{\text{гидр}}$ ), гидроксил ионлари концентрациясини қуйидаги соддалаштирилган тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{гидр}} \cdot C} \quad (4.10)$$

$K_{\text{гидр}} = K_{\text{H}_2\text{O}} / K_{\text{HAn}}$  эканлиги ҳисобга олинса (4.10) тенгламани бошқача шаклда ёзиш мумкин, яъни:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HAn}}} \cdot C} \quad (4.11)$$

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}} \text{ га асосан}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{OH}^-]} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot K_{\text{HAn}}}{C}} \quad (4.12)$$

(4.12) тенгламанинг ишоралари алмаштириб логарифмланса:

$$-\lg[\text{H}^+] = -\frac{1}{2} \lg K_{\text{H}_2\text{O}} = -\frac{1}{2} \lg K_{\text{HAn}} + \frac{1}{2} \lg C \quad (4.13)$$

(2.4) тенгламадан  $-\lg[\text{H}^+] = \text{pH}$   $25^\circ\text{C}$  да  $\lg K_{\text{H}_2\text{O}} = -14$  га тенг ва  $-\lg K_{\text{HAn}} = \text{p}K_{\text{HAn}}$ . Шуларга асосан (4.13) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{HAn}} + \frac{1}{2} \lg C \quad (4.14)$$

Кучсиз кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган туз эритмасидаги гидролизланган қисм концентрацияси гидроксил ионлари концентрациясига тенглигини ҳисобга олган ҳолда унинг гидролизланиш даражасини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$h = \frac{[\text{OH}^-]}{C} \quad (4.15)$$

(4.10) тенгламадан эса:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{гидр}} \cdot C}$$

Шунга асосан,

$$h = \sqrt{\frac{K_{\text{гидр}}}{C}} \quad (4.16)$$

$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HAn}}}$  эканлигидан фойдалансак,

$$h = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HAn}} \cdot C}} \quad (4.17)$$

ёки

$$p h = 7 - \frac{1}{2} p K_{\text{HAn}} + \frac{1}{2} \lg C \quad (4.18)$$

Бунда,  $p h$  — гидролизланиш даражасининг антилогарифми (водород кўрсаткичи билан адаштирманг).

(4.18) дан гидролизланиш даражаси гидролиз константасининг квадрат илдиз остидаги қийматига тўғри ва туз концентрациясининг квадрат илдиз остидаги қийматига тескари пропорционаллигини кўриш мумкин. Шунингдек, ундан тузнинг гидролизланиш даражаси эритманинг суюлтирилиши ва температуранинг ортиши билан катталашинини (температура ортиши билан ҳам) кўриш мумкин.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. 0,1 н  $\text{CH}_3\text{COONa}$  эритмасининг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$pH = 7 + \frac{1}{2} p K_{\text{CH}_3\text{COONa}} + \frac{1}{2} \lg C \text{ ва } p K_{\text{HAn}} = p K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 7,14$$

тенгликлар ҳисобга олинса,

$$pH = 7 + 2,37 + \frac{1}{2} \lg 0,1 = 7 + 2,37 - 0,5 = 8,87$$

$$p h = 7 - \frac{1}{2} p K_{\text{HAn}} + \frac{1}{2} \lg C = 7 - 2,37 - 0,5 = 4,13.$$

Бундан

$$h = 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ ёки } 0,0074\%$$

Гидролизланиш даражасини  $h = \frac{[\text{OH}^-]}{C}$  дан фойдаланиб ҳам ҳисоблаш мумкин.

$pH = 8,87$  дан фойдаланиб,  $pOH$  ва  $[OH^-]$  ни топамиз

$$pOH = 14 - pH = 14 - 8,87 = 5,13$$

$$[OH^-] = 7,4 \cdot 10^{-6}$$

$$h = \frac{7,4 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 7,4 \cdot 10^{-5}$$

Демак,  $pH = 8,87$ ;  $h = 7,4 \cdot 10^{-5}$ .

2- масала.  $0,0001 M KCN$  эритмасининг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг ( $K_{HCN} = 7,0 \cdot 10^{-10}$ ).

Ечиш. Бу ҳолатда

$$K_{гидр.} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HAn}} = \frac{10^{-14}}{7,0 \cdot 10^{-10}} = 1,4 \cdot 10^{-5},$$

яъни  $C < 10 \cdot K_{гидр.}$  бўлганлиги учун гидроксил ионлари концентрациясини ҳисоблашда, албатта, (4.9) тенгламадан фойдаланилади:

$$[OH^-] = -0,70 \cdot 10^{-5} + \sqrt{0,49 \cdot 10^{-10} + 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-4}} = -0,7 \cdot 10^{-5} + \sqrt{14,49 \cdot 10^{-10}} = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л.}$$

$[H^+]$  ва  $pH$  қийматлари умумий усулда ҳисобланади. Гидролизланиш даражаси эса

$$h = \frac{[OH^-]}{C} = \frac{3,1 \cdot 10^{-5}}{10^{-4}} = 0,3 \text{ ёки } 30\%$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

189.  $0,5$  л эритмада  $4,1$  г  $CH_3COOH$  бор. Тузнинг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

190.  $200$  мл эритмада  $0,65$  г  $KCl$  бор. Тузнинг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

191.  $0,2 M$   $100$  мл  $HCN$  эритмасига  $100$  мл  $0,2 M NaOH$  қўшилди. Тузнинг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

192.  $0,4 M$   $250$  мл  $HCOOH$  га  $250$  мл  $0,4 M KOH$  қўшилди. Тузнинг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

193.  $pH=8,52$  бўлган эритмани ҳосил қилиш учун  $500$  мл сувга неча грамм  $CH_3COONa$  қўшиш керак?

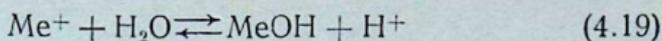
194.  $pH = 11,10$  бўлган  $10$  мл эритмада неча грамм  $KCN$  бўлади?

195.  $0,3 M$   $40$  мл  $HCOOK$  ва  $20$  мл  $0,15 M KOH$  эритмалари аралаштирилди. Тузнинг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

196.  $0,5 M CH_3COONa$  нинг гидролизланиш даражаси  $3\%$  га,  $0,1 M KCl$  ники эса  $10\%$  га тенг. Эритмаларнинг  $pH$  ини ҳисобланг.

197.  $pH=10,46$  бўлган  $100$  мл эритмада неча миллиграмм  $KCN$  бор?

Кучли кислота ва кучсиз асосдан ҳосил бўлган тузлар гидролизи (масалан,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ни қуйидагича ифодалаш мумкин:



Бу ҳолда фақат катион гидролизланиб, кучсиз асос ҳосил қилади.

Бундай тузлар учун гидролиз константаси:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[\text{MeOH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{Me}^+]} \quad (4.19)$$

$$\text{Агар } [\text{H}^+] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{OH}^-]} \text{ ва } \frac{[\text{Me}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{MeOH}]} = K_{\text{MeOH}}$$

тенгликлар ҳисобга олинса, у ҳолда

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{MeOH}}} \quad (4.20)$$

(4.7) (4.20) га ўхшаш бўлиб, фақат  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  — кучсиз кислотанинг диссоциланиш константаси  $K_{\text{MeOH}}$  — кучсиз асоснинг диссоциланиш константаси билан алмаштирилган.

Кучсиз асос ва кучли кислотадан ҳосил бўлган туз эритмасида  $[\text{H}^+]$ , pH ҳамда  $h$  ларни ҳисоблаш учун гидролизланган туз концентрациясини  $x$  билан белгиласак, у ҳолда  $[\text{MeOH}] = [\text{H}^+] = x$  ва  $[\text{Me}^+] = C - x$  бўлади.

Бу қийматларни (4.19) га қўйсақ:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{x^2}{C-x}$$

бундан

$$x = -\frac{K_{\text{гидр.}}}{2} + \sqrt{\frac{K_{\text{гидр.}}^2}{4} + K_{\text{гидр.}} \cdot C}$$

Демак,

$$[\text{H}^+] = -\frac{K_{\text{гидр.}}}{2} + \sqrt{\frac{K_{\text{гидр.}}^2}{4} + K_{\text{гидр.}} \cdot C} \quad (4.21)$$

Агар туз концентрацияси гидролиз константасидан катта бўлса ( $C \geq 10 \cdot K_{\text{гидр.}}$ ), у ҳолда  $[\text{H}^+]$  қуйидаги соддалаштирилган тенглама ёрдамида топилади:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{гидр.}} \cdot C} \quad (4.22)$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{гидр.}} - \frac{1}{2} \lg C \quad (4.23)$$

$K_{\text{гидр.}}$  ни  $K_{\text{H}_2\text{O}}/K_{\text{MeOH}}$  билан алмаштираёмиз:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{MeOH}}} \cdot C} \quad (4.24)$$

(4.24) ни логарифмлаб, тескари ишорада олсак:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{MeOH} - \frac{1}{2} \lg C \quad (4.25)$$

Бундай туз эритмаларида  $pH < 7$ , яъни муҳит кислотали бўлади.

Гидролизланиш даражаси эса қуйидагича ҳисобланади:

$$h = \frac{[H^+]}{C_{туз}} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{MeOH}} \cdot C} \quad (4.26)$$

яъни

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{MeOH} - \frac{1}{2} \lg C \quad (4.27)$$

### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. 0,1 M  $NH_4Cl$  эритмасининг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

$$\text{Е ч и ш: } pH = 7 - \frac{1}{2} \cdot 4,7 - \frac{1}{2} \lg 0,1 = 5,13$$

$$ph = 7 - 2,35 - 0,5 = 4,13 \quad h = 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ ёки } 0,0074\%$$

2-масала. Қуйидаги эритмаларнинг  $pH$  ини ҳисобланг:

1)  $5,0 \cdot 10^{-3}$  M  $NH_4NO_3$  ( $K_{NH_4OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ );

2)  $1,0 \cdot 10^{-4}$  M анилини хлорид ( $K_{C_6H_5NH_2} = 4,2 \cdot 10^{-10}$ ).

Е ч и ш.

$$\begin{aligned} 1) [H^+] &= \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}} \cdot C} = \sqrt{5,0 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}}} = \\ &= \sqrt{2,8 \cdot 10^{-12}} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ г-ион/л} \end{aligned}$$

Бунда  $1,7 \cdot 10^{-6} \ll 5,0 \cdot 10^{-3}$  бўлгани учун  $H^+$  ионлари концентрациясини ҳисоблашда содалаштирилган тенгламадан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир:

$$pH = 6 - \lg 1,7 = 6 - 0,23 = 5,77.$$

2) Анилини эритмасининг  $pH$  ини ҳисоблашда эса 3-§ да келтирилган (2.16) тенгламадан фойдаланилади:

$$\begin{aligned} [H^+] &= \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{8,5 \cdot 10^{-10}} + \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-28}}{4 \cdot 17,7 \cdot 10^{-20}} + \frac{1,0 \cdot 10^{-14} \cdot 1,0 \cdot 10^4}{4,2 \cdot 10^{-10}}} = \\ &= 1,19 \cdot 10^{-5} + \sqrt{1,41 \cdot 10^{-10} + 23,81 \cdot 10^{-10}} = 3,83 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л} \\ pH &= 5 - \lg 3,83 = 5 - 0,58 = 4,42. \end{aligned}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

198. 250 мл эритмада 0,583 г  $NH_4Cl$  бор. Тузнинг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

199. 0,02 M 250 мл  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва 250 мл 0,02 M  $\text{HCl}$  ларнинг ўзаро аралаштирилишидан ҳосил бўлган эритмадаги тузнинг рН и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

200. 0,2 M 500 мл этиламин ва 500 мл 0,2 M  $\text{HCl}$  ларни ўзаро аралаштириш натижасида ҳосил бўлган эритманинг рН ини ва ҳосил бўлган тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

201. рН = 5,6 г бўлган 1 л эритмада неча грамм  $\text{NH}_4\text{Cl}$  бор?

202.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  нинг қандай концентрациясида (M) рН = 5,6 бўлади?

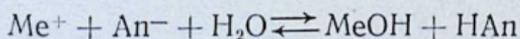
203. 1 л эритмада 0,1 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ва  $10^{-4}$  M  $\text{HCl}$  бор. Тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

204. рН = 5,83 бўлган 1 мл эритмада неча миллиграмм  $\text{NH}_4\text{Cl}$  бор?

205. 0,03 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  эритмасининг рН и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

206. 0,1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  эритмасининг гидролизланиш даражаси 2% га тенг. Эритманинг рН ини ҳисобланг.

Кучсиз асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузлар гидролизи (масалан,  $\text{NH}_4\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ва ҳ.к.) қуйидаги кўринишда ифодаланади:



Суюлтирилган эритмалар учун гидролиз константаси:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{MeOH}] \cdot [\text{HAn}]}{[\text{Me}^+] \cdot [\text{An}^-]} \quad (4.28)$$

Сурат ва махражини  $K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$  га кўпайтирсак,

$$K_{\text{гидр}} \cdot K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{MeOH}] \cdot [\text{HAn}] \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{Me}^+] \cdot [\text{An}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}$$

Бундан

$$\frac{\text{MeOH}}{[\text{Me}^+] \cdot [\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_{\text{MeOH}}} \text{ ва } \frac{[\text{HAn}]}{[\text{H}^+] \cdot [\text{An}^-]} = \frac{1}{K_{\text{HAn}}}$$

эканлигини ҳисобга олган ҳолда:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{MeOH}} \cdot K_{\text{HAn}}} \quad (4.29)$$

ёки

$$pK_{\text{гидр}} = 14 - pK_{\text{MeOH}} - pK_{\text{HAn}} \quad (4.30)$$

Демак, кучсиз асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузларнинг гидролиз константаси сувнинг

ион кўпайтмасини асос ва кислотанинг диссоциланиш константалари кўпайтмасига нисбатига тенг экан. Туз концентрациясини  $C$  билан, гидролизланган туз концентрацияси  $x$  билан белгиланса, у ҳолда:

$$Me^+ = [A_n^-] = C \text{ (туз тўлиқ диссоциланганда)}$$

Бу қийматлар (4.28) га қўйилса:

$$K_{гидр.} = \frac{x^2}{C^2} \text{ ва } x = C\sqrt{K_{гидр.}}$$

яъни

$$[HA_n] = [MeOH] = C\sqrt{K_{гидр.}}$$

ёки

$$[HA_n] = [MeOH] = C\sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{MeOH} \cdot K_{HA_n}}} \quad (4.31)$$

Гидролизланган туз эритмасидаги водород ионлари концентрациясини ҳисоблаш учун кислотанинг диссоциланиш константасини эътиборга олиш керак. Чунки,

$$K_{HA_n} = \frac{[H^+] \cdot [A_n^-]}{[HA_n]} \quad (4.32)$$

$$[A_n^-] = C \text{ ва } [HA_n] = C\sqrt{K_{гидр.}} \text{ дан}$$

$$K_{HA_n} = \frac{[H^+] \cdot C}{C\sqrt{K_{гидр.}}} = \frac{[H^+]}{K_{гидр.}} \text{ ва } [H^+] = K_{HA_n}\sqrt{K_{гидр.}}$$

$K_{гидр.}$  ўрнига унга тенг қиймати қўйилса:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot K_{HA_n}}{K_{MeOH}}} \quad (4.33)$$

бўлади. Бундан эса

$$pH = 7 + \frac{1}{2}pK_{HA_n} - \frac{1}{2}pK_{MeOH} \quad (4.34)$$

Тузнинг гидролизланиш даражаси:

$$h = \frac{[HA_n]}{C} = \sqrt{K_{гидр.}} \quad (4.35)$$

яъни

$$h = K_{гидр.} = \frac{K_{H_2O}}{K_{MeOH} \cdot K_{HA_n}} \quad (4.36)$$

ва

$$p h = 7 - \frac{1}{2}pK_{HA_n} - \frac{1}{2}pK_{MeOH} \quad (4.37)$$

(4.33), (4.36) тенгламалардан кучсиз кислота ва кучсиз

асосдан ҳосил бўлган тузларда водород иони концентрацияси ҳамда гидролизланиш даражаси эритмадаги туз концентрациясига боғлиқ эмаслигини кўриш мумкин. Бу хулоса фақат тузнинг концентрацияси 0,01 га тенг, ундан кичик ( $K_{\text{HAn}} = K_{\text{MeOH}}$ ) бўлган ҳолатлар учун татбиқ этилади.

Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала.  $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,74 \cdot 10^{-5}$ ;  $pK_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 4,76$ ;  
 $pK_{\text{NH}_4\text{OH}} = 4,75$ ;  $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$  эканлигидан фойдаланиб,  
 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  нинг 0,1M эритмаси учун pH ва  $K_{\text{гидр.}}$  ни ҳисобланг.  
 Е ч и ш:

$\text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH}$   
 (4.28), (4.36) ва (4.41) тенгламаларга асосан:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{NH}_4^+] [\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot K_{\text{NH}_4\text{OH}}} =$$

$$\frac{10^{-14}}{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 1,76 \cdot 10^{-5}} = 3,2 \cdot 10^{-5}$$

$$h = K_{\text{гидр.}} = 3,2 \cdot 10^{-5} \cong 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ ёки } 0,57\%$$

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} pK_{\text{HAn}} - \frac{1}{2} pK_{\text{MeOH}} = 7 + 2,38 - 2,38 = 7,00$$

2- масала.  $\text{NH}_4\text{CN}$  нинг 0,1M эритмаси учун  $K_{\text{гидр.}}$  ва pH ларни ҳисобланг.  $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$  ( $pK_{\text{NH}_4\text{OH}} = 4,75$ ) ва  $K_{\text{HCN}} = 6,20 \cdot 10^{-10}$  ( $pK_{\text{HCN}} = 9,21$ ).

Е ч и ш.

$\text{NH}_4^+ + \text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH} + \text{HCN}$   
 (4.28), (4.36) ва (4.34) тенгламага асосан:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{HCN}]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{CN}^-]} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot K_{\text{HCN}}} =$$

$$\frac{10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 6,20 \cdot 10^{-10}} = 0,912.$$

$$h = \sqrt{K_{\text{гидр.}}} = \sqrt{0,912} = 0,488 \text{ ёки } 48,80\%$$

$$\text{pH} = 7 \cdot \frac{1}{2} pK_{\text{HCN}} - \frac{1}{2} pK_{\text{NH}_4\text{OH}} = 7,00 + 4,60 - 2,38 = 9,22.$$

Мустақил ечиш учун масалалар

207. 0,05 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  эритмасидаги  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{OH}^-]$  ва тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

208.  $\text{NH}_4\text{CN}$  нинг 0,02 M эритмасидаги  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{OH}^-]$  ва тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

209. 0,09 M  $\text{NH}_4\text{Br}$  эритмасининг pH и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

210. pH и 9,23 га тенг бўлган 0,2 M  $\text{NH}_4\text{CN}$  эритма-

сидаги HCN нинг диссоциланиш константасини ҳисобланг.

211.  $pH = 6,50$  бўлган  $0,1 M$   $NaCOONH_4$  эритмасидаги  $NaCOOH$  нинг диссоциланиш константасини ҳисобланг.

Икки асосли кучсиз кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган тузларнинг (масалан,  $Na_2CO_3$ ,  $Na_2C_2O_4$  ва ҳ.к.лар) гидролизланиш константаси

$$K_{гидр.} = \frac{K_{H_2O}}{K_{НАп^-}} \quad (4.38)$$

$K_{НАп^-}$  — икки асосли кучсиз кислота иккинчи босқич диссоциланиши константаси.

25°C да:

$$pK_{гидр.} = 14 - pK_{НАп^-} \quad (4.39)$$

$$[OH]^- = -\frac{K_{гидр.}}{2} = \sqrt{\frac{K_{гидр.}^2}{4} + K_{гидр.} \cdot C} \quad (4.40)$$

Агар  $C \geq 10 \cdot K_{гидр.}$  бўлса, у ҳолда тенглама содда-лашади, яъни:

$$[OH^-] = \sqrt{K_{гидр.} \cdot C} \quad (4.41)$$

$K_{гидр.} = K_{H_2O} / K_{НАп^-}$  эканлигини ҳисобга олсак:

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{НАп^-}} \cdot C} \quad (4.42)$$

$$pOH = 7 - \frac{1}{2} pK_{НАп^-} - \frac{1}{2} \lg C \quad (4.43)$$

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{НАп^-} + \frac{1}{2} \lg C \quad (4.44)$$

$$h = \frac{[OH^-]}{C} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{НАп^-} \cdot C}} \quad (4.45)$$

ва

$$ph = pOH + \lg C = 7 - \frac{1}{2} pK_{НАп^-} + \frac{1}{2} \lg C \quad (4.46)$$

Кучсиз кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган нордон тузларнинг гидролизланиш (масалан,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2HPO_4$  ва ҳ.к.лар) константаси:

$$K_{гидр.} = \frac{K_{H_2O}}{K_{H_2Aп}} \quad (4.47)$$

25°C да:

$$pK_{гидр.} = 14 - pK_{H_2Aп}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2Aп} \cdot H_{Aп^-} \cdot [HA^-]}{K_{H_2Aп} + [HAп^-]}} \quad (4.48)$$

$[HA_n^-] = C$  бўлганда:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2A_n} \cdot K_{HA_n^-} \cdot C}{K_{H_2A_n} + C}} \quad (4.49)$$

Агар тузнинг концентрацияси  $C \geq 10 K_{гидр.}$  бўлса, у ҳолда  $K_{H_2A_n} + C \approx C$  деб қабул қилиниб (4.49) тенгламани соддалаштириш мумкин:

$$[H^+] = \sqrt{K_{H_2A_n} \cdot K_{HA_n^-}} \quad (4.50)$$

ёки

$$pH = \frac{1}{2} (pK_{H_2A_n} + pK_{HA_n^-}) \quad (4.51)$$

Гидролизланиш даражасини ҳисоблаш учун туз эритмасидаги гидроксил иони концентрациясини ҳисоблаш кифоя:

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{\sqrt{K_{H_2A_n} \cdot K_{HA_n^-}}} \quad (4.52)$$

$$pOH = 14 - \frac{1}{2} (pK_{H_2A_n} + pK_{HA_n^-}) \quad (4.54)$$

$$pH = 14 - \frac{1}{2} (pK_{H_2A_n} + pK_{HA_n^-}) + \lg C \quad (4.55)$$

Кучли кислота ва юқори валентли металлнинг кучсиз асосидан ҳосил бўлган тузларнинг гидролизи (масалан,  $FeCl_3$ ,  $Al(NO_3)_3$ ,  $S_nCl_2$  ва ҳ.к.лар). Юқори зарядли катионлар ва кучли кислоталардан ҳосил бўлган тузлар эритмасининг pH и биринчи босқичдаги диссоциланиш даражаси ва константасини худди бир зарядли кучсиз асос катионлари ва кучли кислоталардан ҳосил бўлган тузлардагидек ҳисоблаш мумкин. Масалан, водород ионлари концентрацияси ва pH қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$[H^+] = \sqrt{K_{гидр.} \cdot C} \quad (4.56)$$

$$pH = \frac{1}{2} pK_{гидр.} - \frac{1}{2} \lg C \quad (4.57)$$

*Масалалар ечишга доир намуналар*

1-масала. 0,1M  $Na_2CO_3$  эритмасининг pH и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг ( $K_{HCO_3^-} = 6,0 \cdot 10^{-11}$ ).

$$E \text{ ч и ш. } pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{HCO_3^-} + \frac{1}{2} \lg C = 7 + 5,11 - 0,5 = 11,61$$

$$pH = 7 - 5,11 - 0,5 = 1,39; \quad H = 4,1 \cdot 10^{-2} \text{ ёки } 4,1\%.$$

2-масала. 0,5M  $NaHCO_3$  эритмасининг pH и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

Е ч и ш:

$$pH = \frac{1}{2} (6,52 + 10,22) = 8,37$$

$$pH = 14 - 8,37 + 0,5 = 5,33$$

$$H = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ ёки } 0,0005\%$$

3-масала. Қуйидаги эритмаларнинг pH ни ҳисобланг:

а) 0,5M  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ; б) 0,3M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Е ч и ш. а)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  эритмасининг pH ни:

$$pH = \frac{1}{2} (pK_{\text{H}_3\text{PO}_4} + K_{\text{H}_2\text{PO}_4^-}) = \frac{1}{2} (1,96 + 6,70) = 4,33$$

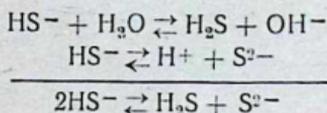
б)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  эритмасининг pH ни эса:

$$pH = \frac{1}{2} (pK_{\text{H}_2\text{PO}_4^-} + pK_{\text{HPO}_4^{2-}}) = \frac{1}{2} (6,70 + 12,44) = 9,57$$

га тенг.

4-масала.  $K_{\text{H}_2\text{S}} = 8,9 \cdot 10^{-8}$  ( $pK_{\text{H}_2\text{S}} = 7,05$ ).  $K_{\text{HS}^-} = 1,3 \cdot 10^{-13}$  ( $pK_{\text{HS}^-} = 12,89$ ) эканлигидан фойдаланиб,  $\text{NaHS}$  нинг 0,1M эритмаси учун pH,  $h$  ва  $K_{\text{гидр.}}$  ларни ҳисобланг.

Е ч и ш. Гидросульфид иони ( $\text{HS}^-$ ) қуйидагича гидролизланади ва ионланади:



Бу туз эритмасининг  $K_{\text{гидр.}}$ ,  $h$  ва pH ларини қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[\text{H}_2\text{S}] \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]^2} = \frac{K_{\text{HS}^-}}{K_{\text{H}_2\text{S}}} = \frac{1,3 \cdot 10^{-13}}{8,9 \cdot 10^{-8}} = 1,4 \cdot 10^{-6}$$

$$h = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{C \sqrt{K_{\text{H}_2\text{S}} \cdot K_{\text{HS}^-}}} = \frac{10^{-14}}{0,1 \cdot \sqrt{8,9 \cdot 10^{-8} \cdot 1,3 \cdot 10^{-13}}} = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

ёки 0,1%

$$pH = \frac{1}{2} (pK_{\text{H}_2\text{S}} + pK_{\text{HS}^-}) = 1,06 + 3,61 = 4,67$$

5-масала.  $\text{AlCl}_3$  нинг 0,1M эритмасидаги водород ионлари концентрацияси ва pH ни ҳисобланг ( $K_{\text{гидр.}} = 1,36 \cdot 10^{-3}$ ).

Е ч и ш.

$$pH = \frac{1}{2} pK_{\text{гидр.}} - \frac{1}{2} \lg C = 2,43 + 0,5 = 2,93$$

Бундан

$$[\text{H}^+] = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ г - ион/л.}$$

6-масала. Гидролиз константаси  $3 \cdot 10^{-3}$  га тенг бўлган 0,1M  $\text{FeCl}_3$  эритмасидаги  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{гидр.}} \cdot C} = \sqrt{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ г - ион/л.}$$

7-масала.  $K_{\text{H}_2\text{S}} = 8,9 \cdot 10^{-8}$  ( $pK_{\text{H}_2\text{S}} = 7,05$ ) ва  $K_{\text{HS}^-} = 1,3 \cdot 10^{-13}$  ( $pK_{\text{HS}^-} = 12,89$ ).  $\text{Na}_2\text{S}$  нинг 0,1M эритмаси учун  $K_{\text{гидр.}}$ ,  $h$  ва pH ларни ҳисобланг.

Ечиш.



$$K_{\text{гидр.}} = \frac{[HS^-] \cdot [OH^-]}{[S^{2-}]} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HS^-}} = \frac{10^{-14}}{1,3 \cdot 10^{-13}} = 7,7 \cdot 10^{-2} = 0,077.$$

$K_{\text{гидр.}}$  нинг катта қийматга эга эканлигидан тузнинг гидролизланиш даражаси  $h$  қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$h = -\frac{K_{H_2O}}{2C \cdot K_{\text{HAn}^-}} + \sqrt{\left(\frac{K_{H_2O}}{2C \cdot K_{\text{HAn}^-}}\right)^2 + \frac{K_{H_2O}}{C \cdot K_{\text{HAn}^-}}} =$$
$$= \frac{-10^{-14}}{2 \cdot 10^{-1} \cdot 1,3 \cdot 10^{-13}} + \sqrt{\left(\frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-1} \cdot 1,3 \cdot 10^{-13}}\right)^2 + \frac{10^{-14}}{10^{-1} \cdot 1,3 \cdot 10^{-13}}} =$$
$$= 0,573 \text{ ёки } 57,3\%.$$

0,1M  $Na_2S$  нинг 57,3% и  $HS^-$  га айлангани учун тахминан шунча  $OH^-$  ионлари ҳосил бўлади дейилади, яъни  $OH^- = 0,1 \cdot 0,573 = 5,73 \cdot 10^{-2}$ .  $pOH = 1,24$ .

Бундан,

$$pH = pK_{H_2O} - pOH = 14 - 1,24 = 12,76$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

212. 500 мл эритмада 2,52 г  $Na_2CO_3$  бор. Эритманинг  $pH$  и ва тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

213. 0,05M  $Na_2CO_3$  эритмасининг  $pH$  и ва гидролизланиш даражасини ҳисобланг. Агар эритма 5 марта сув билан суюлтирилса, унинг  $pH$  и қандай ўзгаради?

214. 0,05M  $Na_2C_2O_4$  нинг  $pH$  и ва тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг. Агар эритма 10 марта сув билан суюлтирилса,  $pH$  қандай ўзгаради?

215. Бир хил ҳажмда 0,1M  $H_2C_2O_4$  ва 0,2M  $NaOH$  эритмалари қўшилганда ҳосил бўлган эритманинг  $pH$  ини ва тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

216.  $pH = 8,28$  бўлган 25 мл эритмада неча грамм  $Na_2C_2O_4$  бор?

Тузнинг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

217. Қуйидаги тузлар учун гидролизланиш даражаси ва эритманинг  $pH$  ини ҳисобланг; 1) 0,01M  $LnCl_2$ ; 2) 0,01M  $CoCl_2$ ; 3) 0,01M  $MnCl$ ; 4) 0,1M  $Cu(NO_3)_2$ ; 5) 0,05M  $Fe(NO_3)_3$ ; 6) 0,02M  $Hg(NO_3)_2$ ; 7) 0,03M  $Th(NO_3)_4$ ; 8) 0,01M  $Ti(NO_3)_3$ ; 9) 0,05M  $Cd(NO_3)_2$ ; 10) 0,02M  $Al(NO_3)_3$ ; 11) 0,02M  $Sb(NO_3)_4$ ; 12) 0,01M  $FeCl_2$ ; 13) 0,02M  $SnCl_2$ .

218. Натрий арсенат сувда эритилганда  $pH = 12,26$  бўлган 0,1M эритма ҳосил бўлди. Арсенат кислотанинг дисоцилланиш константалари  $K_1 = 6,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_2 = 1,05 \cdot 10^{-7}$  ва  $K_3 = 2,95 \cdot 10^{-12}$  лигини ҳисобга олиб, натрий арсенатнинг гидролизланиш даражаси ва константасини аниқланг.

219. Гидролизланиш даражаси: 1) 0,2M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> да 5%; 2) 0,1M Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> да 3%; 3) 0,1M Na<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> да 2%; 4) 0,1M Na<sub>2</sub>S да 10% га тенг эканлигини ҳисобга олган ҳолда ушбу моддаларнинг pH ини ҳисобланг.

220. 0,1M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> ва NaHSO<sub>3</sub> тузларининг гидролиз константасини ҳисобланг.

221. 0,1M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> ва NaHSO<sub>3</sub> эритмаларининг гидролизланиш даражасини ҳисобланг.

222. pH = 12,94 бўлган 100 мл эритмада неча грамм Na<sub>2</sub>S бор?

223. Қуйидаги туз эритмаларини аралаштириш натижа-сида ҳосил бўлган эритмаларнинг pH ини ҳисобланг:

1) 50 мл 0,1M KН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ни 50 мл 0,1M КОН билан;

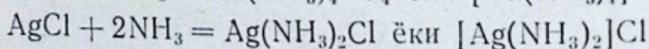
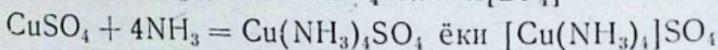
2) 25 мл 0,1M K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> ни 25 мл 0,1M HCl билан;

3) 20 мл 0,15M NaH<sub>3</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ни 40 мл 0,15M NaOH билан;

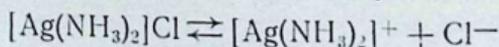
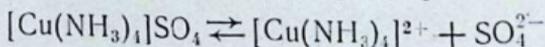
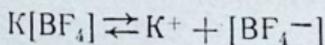
4) 20 мл 0,15M NaH<sub>3</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ни 20 мл 0,15M NaOH билан.

## V б о б. КОМПЛЕКС БИРИКМАЛАР

**Комплекс бирикмаларнинг тузилиши.** Оддий турда-ги ион ёки ковалент боғланишли бирикмалардан ташқари нейтрал бирикмаларнинг ўзаро бирикишидан ҳосил бўла-диган координацион (донор-акцептор) боғланишли мурак-каб юқори молекуляр бирикмалари ҳам мавжуд, масалан:



Бу бирикмалар сувда эритилганга мураккаб ионларга диссоциланади:



[BF<sub>4</sub><sup>-</sup>], [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>, [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> каби мураккаб ионларга комплекс ионлар, улардан ҳосил бўлган бирикмаларига эга к о м п л е к с б и р и к м а л а р дейилади.

Комплекс бирикма молекулалари ички ва ташқи сфера-дан тузилган бўлади. Ички сфера комплекс ҳосил қилув-чи ион (марказий атом) дан ва у билан бевосита бирик-кан лиганд (адденд) лардан, ташқи сфера эса мусбат ёки

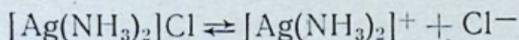
манфий зарядли ионлардан иборат. Масалан,  $K_1[Fe(CN)_6]$  да  $Fe^{2+}$  иони комплекс ҳосил қилувчи,  $CN^-$  ионлари эса аддендлардир. Ташқи сферада  $K^+$  ионлари бўлади.

Комплекс ҳосил қилувчи ионда координатланган аддендларнинг умумий сони комплекс ҳосил қилувчи ионнинг координацион сони дейилади. Кўпчилик комплекс ҳосил қилувчи ионларнинг координацион сони 6 га, айримлариники 4 га тенг бўлади. Координацион сони 2, 3, 8 ва ҳ.к.га тенг бўлган комплекс ҳосил қилувчи ионлар ҳам бор.

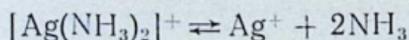
*Комплекс ионларнинг заряди комплекс ҳосил қилувчи ион билан адденд зарядларининг алгебраик йиғиндисига тенг.* Масалан:  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  анионининг заряди  $(+2) + (-6) = -4$  га тенг.

**Комплекс бирикмаларнинг барқарорлиги.** Комплекс бирикмаларнинг диссоциланиши икки босқичда боради: 1) оддий ва комплекс ионга диссоциланиш; 2) комплекс ионнинг диссоциланиши. Диссоциланишнинг биринчи босқичи—кучли электролит каби боради, комплекс ионнинг диссоциланиши эса кучсиз электролит кабидир.

Масалан,  $[Ag(NH_3)_2]Cl$  нинг диссоциланиши қуйидагича ифодаланади. I босқич:



II босқич:



Комплекс ионнинг диссоциланиши қайтар процесс бўлиб, мувозанат қарор топганда комплекс ионнинг активлиги (ёки тахминий концентрацияси) билан унинг диссоциланишдан ҳосил бўлган маҳсулотнинг активлиги (тахминий концентрацияси) ўртасида маълум муносабат юзага келади. Шу реакциянинг мувозанат константасини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$K_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{a_{Ag^+} \cdot a_{2NH_3}}{a_{[Ag(NH_3)_2]^+}} \quad (5.1)$$

Агар  $a = C$  бўлса

$$K_{\text{беқар.}} = K_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+} \quad (5.2)$$

Бу константа комплекс ионнинг диссоциланиш константаси ёки комплекснинг беқарорлик константаси дейилади (илова таги 6-жадвалга қаранг). Бу константа қиймати қанча катта бўлса, комплекс шунча кўчли диссоциланиб, беқарор бўлади. Беқарорлик константасига тескари қиймат комплекснинг ҳосил бўлиш константаси

ёки барқарорлик константаси дейилади (иловадаги 7-жадвалга қаранг). Улар орасида қуйидаги нисбат бор:

$$K_{\text{барқар.}} = \frac{1}{K_{\text{беқар.}}} \quad (5.3)$$

Комплекс бирикмалар аналитик химия практикасида катта аҳамиятга эга. Шунинг учун ушбу бобда комплекс бирикмаларга тегишли қуйидаги типдаги масалаларни ечамиз: комплекс ион зарядини аниқлаш; комплекс ҳосил қилувчи ионнинг оксидланиш даражасини аниқлаш; комплекс бирикмаларнинг барқарорлик ва беқарорлик константаларини ҳисоблаш; комплексларнинг беқарорлик константалари аниқ бўлса, комплекс тузлар эритмаларида ҳосил бўлган оддий ионларнинг концентрациясини аниқлаш; агар кам эрувчан тузнинг ЭК ва комплекснинг беқарорлик константаси маълум бўлса, комплекс ионнинг у ёки бу реактивга муносабатини аниқлаш ва ҳ. к.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

**1 - масала.** Темирнинг оксидланиш даражаси +3 га тенг.  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{x-}$  комплекс ион зарядини аниқланг.

Ечиш.  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{x-}$  комплексда темир ионининг заряди +3 га,  $\text{CN}$  кислотада  $\text{CN}^-$  нинг заряди 1 га тенг бўлгани учун комплексдаги умумий заряд —6. Демак, зарядларнинг алгебраик йиғиндиси — комплекс ионнинг зарядига тенг, яъни

$$(+3) + (-6) = -3$$

Демак,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ .

**2 - масала.**  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  комплексда симоб қандай оксидланиш даражасига эга бўлади?

Ечиш.  $\text{NH}_3$  молекуласи электр нейтрал бўлгани учун, унинг заряди нолга тенг. Демак, симоб ионининг оксидланиш даражаси комплекс зарядига, яъни +2 га тенгдир.

**3 - масала.**  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$  комплекс ионида кобальт қандай оксидланиш даражасига эга бўлади?

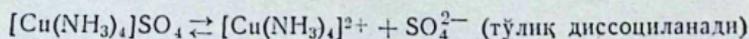
Ечиш. Кобальтнинг оксидланиш даражасини  $x$  билан белгилаб,  $\text{NO}_2^-$  иони зарядини —1 га тенглиги ҳисобга олинса:

$$x + (-6) = -3, \text{ бундан } x = +3$$

Демак, кобальтнинг оксидланиш даражаси +3 га тенг.

**4 - масала.**  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  нинг 0,1M эритмасидаги  $\text{Cu}^{2+}$  ва  $\text{NH}_3$  ионлари концентрацияларини ҳисобланг ( $K[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 4,6 \cdot 10^{-14}$ ).

Ечиш. Комплекс туз ва комплекс ионнинг диссоциланиш тенгламалари:



$$0,1 \qquad \qquad 0,1 \qquad \qquad 0,1$$



$$0,1 - x \qquad \qquad x \qquad \qquad 4 - x$$

$$K_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}} = \frac{[\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3]^4}{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2-}} = \frac{x(4x)^4}{0,1 - x} = 4,6 \cdot 10^{-14}$$

Комплекс ионнинг кучсиз электролитлигини ҳисобга олган ҳолда,  $0,1 - x$  тахминан  $0,1$  га тенг деб олинса:

$$\frac{256 \cdot x^5}{0,1} = 4,6 \cdot 10^{-14}; \quad 256x^5 = 4,6 \cdot 10^{-15}$$

бундан

$$x = \sqrt[5]{\frac{4,6 \cdot 10^{-15}}{256}} = 4,5 \cdot 10^{-4}$$

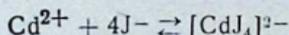
Демак,

$$[\text{Cu}^{2+}] = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ г - ион/л}$$

$$[\text{NH}_3] = 4 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 1,8 \cdot 10^{-3}$$

5-масала. 1 л эритмада  $0,1M \text{ Cd}(\text{NO}_3)_2$  ва  $2M \text{ KJ}$  бор. Эритмадаги  $\text{Cd}^{2+}$  иони концентрациясини ҳисобланг.

Е ч и ш. Мавжуд шароитда  $\text{Cd}^{2+}$  иони  $[\text{CdJ}_4]^{2-}$  комплекс ионга боғланган. Бу комплекснинг ҳосил бўлиш мувозанати қуйидагича:



Барқарорлик константаси эса:

$$K_{[\text{CdJ}_4]^{2-}} = \frac{[\text{CdJ}_4]^{2-}}{[\text{Cd}^{2+}][\text{J}^-]^4} = 1,26 \cdot 10^{-6}$$

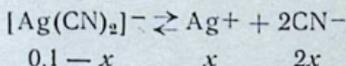
Лиганд миқдори ортиқча бўлиб, барқарорлик константасининг қиймати катта бўлса  $[\text{CdJ}_4]^{2-} \approx \text{Cd}^{2+} = 0,1 \text{ г - ион/л}$ ,  $[\text{J}^-] = \text{CKJ} - 4\text{CCd}^{2+} = 2 - 4 \cdot 0,1 = 1,6 \text{ г - ион/л}$ .  $\text{Cd}^{2+}$  концентрацияси қуйидагича ҳисобланади:

$$[\text{Cd}^{2+}] = \frac{C_{\text{Cd}^{2+}}}{K_{[\text{CdJ}_4]^{2-}} (C_{\text{J}^-} - 4C_{\text{Cd}^{2+}})^4} = \frac{0,1}{1,26 \cdot 10^6 \cdot (1,6)^4} = 1,21 \cdot 10^{-8} \text{ г - ион/л}$$

Демак,  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  эритмасига  $\text{KJ}$  нинг қўшилиши  $\text{Cd}^{2+}$  иони концентрациясини  $0,1$  дан  $1,21 \cdot 10^{-8} \text{ г - ион/л}$  гача камайтиради.

6-масала.  $0,1M$  кумуш цианид эритмаси водород сульфид билан тўйинтирилганда  $\text{Ag}_2\text{S}$  чўкмага тушадими ( $K_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = 1 \cdot 10^{-21}$  ва  $\text{ЭKAg}_2\text{S} = 2,0 \cdot 10^{-19}$ )?

Е ч и ш. а)  $0,1M$  кумуш цианид эритмасида  $\text{Ag}^+$  иони концентрацияси:



$$0,1 - x \qquad \qquad x \qquad \qquad 2x$$

$$K_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{CN}^-]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = \frac{x(2 \cdot x)^2}{0,1 - x} = 1 \cdot 10^{-21}$$

$0,1 - x \approx 0,1$  га тенг деб олинса:

$$4x^3 = 1 \cdot 10^{-22}; \quad x^3 = 25 \cdot 10^{-24}; \quad x = 2,9 \cdot 10^{-8}$$

Демак,  $[\text{Ag}^+] = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ г - ион/л}$ .

б) Сульфид ва кумуш ионлари концентрациялари кўпайтмаси қийматини шу эритманинг  $\text{ЭK}_{\text{Ag}_2\text{S}}$  қиймати билан солиштирилса:

$$\text{ЭK}_{\text{Ag}_2\text{S}} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-19}$$

$\text{H}_2\text{S}$  нинг тўйинган эритмасидаги сульфид ионининг концентрацияси  $1,2 \cdot 10^{-15}$  г-ион л/га тенг.

Шунинг учун

$$[\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}] = (2,9 \cdot 10^{-8})^2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-15} = 1,01 \cdot 10^{-30}$$

Олинган ионлар концентрациялари кўпайтмаси  $\text{ЭK}_{\text{Ag}_2\text{S}}$  дан катта бўлганлиги туфайли ( $1,01 \cdot 10^{-30} > 2,0 \cdot 10^{-19}$ )  $\text{Ag}_2\text{S}$  чўкмага тушади.

### Мустақил ечиш учун масалалар

224. Қуйидаги комплекс бирикмаларда: а)  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ ; б)  $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ ; в)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ; г)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}$  комплекс ионнинг заряди ва комплекс ҳосил қилувчининг координацион сонини аниқланг.

225. Қуйидаги комплекс бирикмаларни ҳосил қилувчи моддаларнинг оксидланиш даражасини ва координацион сонини аниқланг:

а)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$ ; б)  $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ ; в)  $\text{K}_2[\text{Hg}(\text{CN})_4]$ ; г)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_3$ .

226. а)  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ , б)  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ , в)  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$  комплекс ионларнинг беқарорлик константалари мос равишда  $3,0 \cdot 10^{-16}$ ,  $4,0 \cdot 10^{-11}$ ,  $1,4 \cdot 10^{-17}$  га тенг. Бу ионларнинг қайси бири барқарор?

227.  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  ва  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  комплекс ионларнинг  $0,1\text{M}$  эритмаларидаги беқарорлик константалари мос равишда  $1,0 \cdot 10^{-21}$ ,  $6,8 \cdot 10^{-8}$  га тенг. Қайси эритмада  $\text{Ag}^+$  иони концентрацияси юқори?

228. Бир хил ҳажм ва концентрацияда  $\text{K}[\text{AgCl}_2]$  ва  $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$  эритмаларининг қайси бирида  $\text{Ag}^+$  иони концентрацияси юқори?

229. Қуйидаги; а)  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ , б)  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  комплекс ионларнинг беқарорлик константалари мос равишда  $1,4 \cdot 10^{-17}$  ва  $1 \cdot 10^{-13}$  га тенг. Уларнинг  $0,1\text{M}$  эритмасидаги  $\text{Cd}^{2+}$  ва  $\text{Ag}^+$  ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

230.  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  нинг  $0,1\text{M}$  эритмасидаги  $\text{Ag}^+$  иони ва  $\text{NH}_3$  концентрацияларини ҳисобланг.

231. Иккита идишда бир хил миқдордаги  $0,1\text{M}$  мис сульфат эритмасидан олиниб, бирига ортиқча миқдорда  $\text{KCN}$ , иккинчисига эса  $\text{NH}_3$  солинди. Шу эритмаларнинг қайси бирида  $\text{Cu}^{2+}$  ионлари кўп?

232. Таркибида  $\text{Co}^{2+}$  иони бўлган  $0,1\text{M}$  аммиак эритмаси ҳавода оксидланди. Шу эритмадаги кобальт иони

концентрацияси ўзгарадими? Жавобини тегишли ҳисоблашлар билан асослаб беринг.

233. 0,1 н 10 мл мис сульфат эритмасига 5 мл аммиак қўшилди. Натижада мис тузи эритмада тўлиқ комплексга айланди. Шу эритмадан водород сульфид гази ўтказилса қандай ҳодиса содир бўлади?

234. 0,1 н  $K_2[Cd(CN)_4]$  эритмасидан водород сульфид гази ўтказилганда чўкма ҳосил бўладими?

235. 0,1М  $K_4[Fe(CN)_6]$  эритмасидан водород сульфид гази ўтказиш билан  $S^{2-}$  иони концентрацияси  $1,0 \cdot 10^{-15}$  г-ион/л бўлгунча тўйинтирилди. FeS чўкмага тушадими? Жавобни тегишли ҳисоблашлар билан асослаб беринг.

236. Таркибида 4,1 мг Ni бўлган 1 мл никель тузи эритмасига 2 мл 1М KCN эритмаси қўшилди. Эритмадаги  $[Ni(CN)_6]^{4-}$ ,  $CN^-$  ва  $Ni^{2+}$  ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

237. Таркибида 0,1М  $K_2[HgJ_4]$  ва 0,2М Hg  $(NO_3)_2$  бўлган эритмага  $Pd(NO_3)_2$  нинг 0,5 М эритмасидан қўшилганда  $PbJ_2$  чўкмага тушадими? Жавобни тегишли ҳисоблашлар билан асослаб беринг.

238. 2 мл KCN да 18,8 мг AgBr эритилганда,  $[Ag(CN)_2]^-$  комплекс иони ҳосил бўлган. Эритмадаги комплекс ҳосил қилмаган KCN концентрациясини аниқланг.

239. 66,4 мг  $Ag_2CrO_4$  ни эритиш учун 0,3М аммиак эритмасидан неча миллилитр керак?

## VI б о б. ОКСИДЛАНИШ-ҚАЙТАРИЛИШ РЕАКЦИЯЛАРИ

Электрон тузилиш назариясига кўра, электронларнинг бир атом ёки иондан бошқа атом ёки ионга ўтиши билан борадиган химиявий процесслар *оксидланиш-қайтарилиш* реакциялари деб аталади.

*Оксидланиш* атом, молекула ёки ионларнинг ўзид электрон йўқотиши билан борадиган, қайтарилиш эса ато. молекула ёки ионларнинг ўзига электрон бириктири олиши билан борадиган химиявий процессдир.

Ўзига электрон бириктириб олувчи атом, молекула ёки ионга *оксидловчи*, аксинча ўзидан электрон чиқарувчи атом, молекула ёки ионларга эса қайтарувчи дейилади.

1-§. Оксидланиш-қайтарилиш реакция тенгламаларини тузиш. Оксидланиш-қайтарилиш реакция тенгламалари, асосан, электрон баланс ва ион-электрон усуллари билан тузилади.

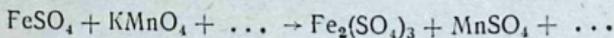
**Электрон баланс усули.** Бу усул билан оксидланиш-қайтарилиш реакциянинг тенгламалари қуйидаги тартибда амалга оширилади:

1. Реакция тенгламаси ёзилади.
2. Реакцияда оксидланиш даражаси ўзгарган элементлар аниқланиб, уларга тегишли оксидланиш даражалари ёзилади.
3. Реакцияда қатнашувчи ҳар қайси модданинг оксидловчилик ёки қайтарувчилик функцияси аниқланиб, формуладаги элементларнинг атом сонини ҳисобга олган ҳолда ҳаракатдаги электронлар сони топилади.
4. Тенгламанинг чап томонидаги коэффициентлар электронлар баланси қонидаси асосида, ўнг томондаги коэффициентлар эса массалар сақланиши қонуни (атом баланс) асосида танланади.

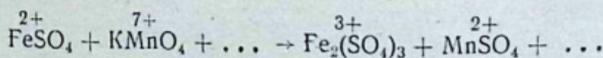
*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.**  $\text{FeSO}_4$  ни  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  га ва  $\text{KMnO}_4$  ни  $\text{MnSO}_4$  га ўтишини ҳисобга олган ҳолда,  $\text{FeSO}_4$  ва  $\text{KMnO}_4$  орасида борувчи оксидланиш-қайтарилиш реакцияси тенгламасини тузинг.

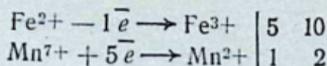
Ечиш. 1. Реакция тенгламаси:



2. Оксидланиш даражаси ўзгарган элементлар аниқланиб, уларга тегишли оксидланиш даражаси ёзилади.



3. Ҳар бир элемент пастига реакция натижасида шу элемент қабул қилган ёки берган электронлар сони ёзилади (бунинг учун оксидланиш даражаси юқори бўлганидан кичиги айрилади). Масалан, марганец учун  $(+7) - (+2) = 5$  ва темир учун  $(+3) - (+2) = 1$ . Шунга асосан, реакциянинг электрон баланс тенгламаси:



4. Ўнг томондаги темирнинг атомлари сони жуфт бўлишини ҳисобга олган ҳолда, топилган 1:5 нисбат 2:10 нисбат билан алмаштирилади.

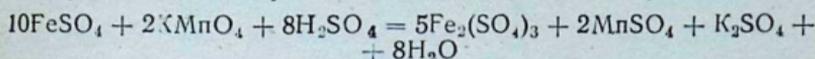
5. Оксидловчи ва қайтарувчи атомлар қабул қилган ва берган электронларни ифодаловчи сонлар уларни оксидловчи ва қайтарувчи молекулаларнинг тенгламалари олдига қўйиб чиқилади. Бу коэффициентлар тенгламанинг чап ва ўнг томонидаги оксидловчи ҳамда қайтарувчилар молекулаларига тегишли.



6. Тенгламанинг ўнг томонида худди чап томонидагидек, калий ионлари йўқлиги учун ўнг томонга  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ёзилади. Шундан сўнг тенгламанинг ўнг томонида 18  $\text{SO}_4^{2-}$  иони бўлиб, чап томонида улар-

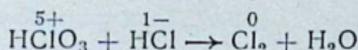
нинг сони 10 та, шунинг учун 8 молекула  $H_2SO_4$  чап томонга киритилади.

7. Тенгламанинг икки томонидаги водород ва кислород атомлари сонини саналади. Чап томонда 16 атом Н ва 8 атом О ортиқча бўлгани учун, ўнг томонга 8 молекула сув киритилади. Қолган атомлар сонини текшириб чиқиб тенглик белгиси қўйилади:



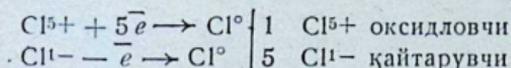
Электрон баланс усули орқали оксидланиш-қайтарилиш реакция тенгламаларини тузишда қўйидаги ҳолларни ҳисобга олиш керак:

1-ҳол. Реакцияда иштирок этаётган турли моддалар таркибидаги биргина элементнинг атомлари ёки ионлари электронлар йўқотиши ва бириктириб олиши мумкин, масалан:

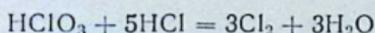


Бу реакцияда  $Cl^{5+}$  иони 5 та электрон бириктириб,  $Cl^{1-}$  иони эса 1 та электрон йўқотиб, натижада иккала ион ҳам электр нейтрал хлор атомга айланади ( $Cl^0$ ).

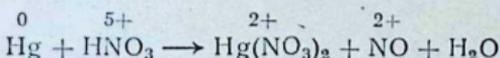
Реакциянинг электрон баланс тенгламаси:



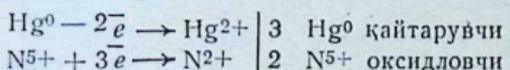
Тегишли коэффициентлар қўйилгандан кейин реакциянинг тўлиқ тенгламаси ёзилади:



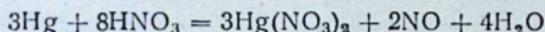
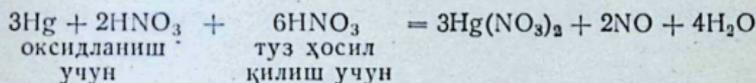
2-ҳол. Кислота реакцияга киришганда, у оксидлаш ва туз ҳосил қилиш учун сарф бўлади, масалан:



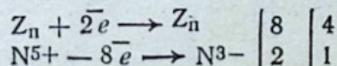
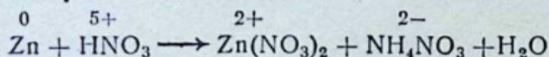
Бу реакцияда  $HNO_3$  нинг бир қисми  $HgO$  ни оксидлаш учун, қолган қисми эса  $Hg(NO_3)_2$  ни ҳосил қилиш учун сарф бўлади. Реакциянинг электронлар баланс тенгламаси:



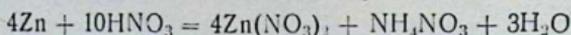
Шунга асосан, реакциянинг тўлиқ тенгламаси қўйидаги кўринишда бўлади:



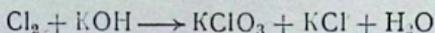
3-ҳол. Баъзи ҳолларда реакциянинг электрон баланс тенгламасидан топилган коэффициентларни бир неча марта қисқартириш ёки кўпайтириш лозим бўлади, масалан:



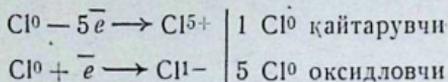
Реакциянинг тўлиқ тенгламаси:



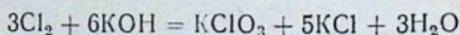
4-ҳол. Баъзан, оксидловчи ва қайтарувчи вазифасини бажарадиган атомлар ёки ионлар бир модда таркибида бўлади, масалан:



Бу реакцияда  $\text{Cl}_2$  молекуласи таркибидаги хлор атомларидан бири оксидловчи, иккинчиси эса қайтарувчи бўлади.

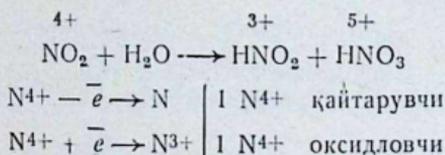


Реакциянинг тўлиқ тенгламаси:

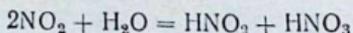


Бундай турдаги реакциялар ўз-ўзини оксидлаш ва қайтариш реакциялари ёки ички молекулалараро оксидланиш-қайтарилиш реакциялари дейилади.

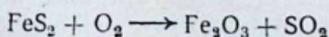
5-ҳол. Баъзан, оксидловчи ва қайтарувчи вазифасини бир модда таркибидаги тенг оксидланиш даражасига эга бўлган элемент атоми ёки иони бажаради. Бу турдаги реакцияларга *диспропорцияланиш реакциялари* дейилади. Бундай реакцияларда дастлабки модда таркибидаги элементга нисбатан, оксидлаш даражаси юқори ва кичик бўлган иккита янги модда ҳосил бўлади. Масалан,



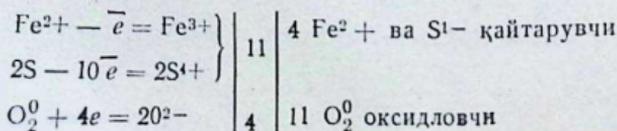
Диспропорцияланиш реакцияларининг электрон баланс тенгламасидан топилган коэффициентлар, реакция тенгламасининг ўнг томонидаги моддалар олдига қўйилади, реакциянинг тўлиқ тенгламаси қуйидагича ёзилади:



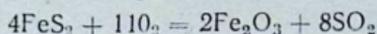
6-ҳол. Қайтарувчи модда таркибидаги мусбат ва манфий зарядли иккита ион бир вақтда оксидланиши мумкин. Бу ҳолда реакциянинг электрон баланс тенгламасини тузишда оксидланган иккита ионнинг берган умумий электронлар сонини қўшиш керак, масалан:



Бу реакцияда  $\text{FeS}_2$  қайтарувчи, унинг молекуласи таркибидаги  $\text{Fe}^{2+}$  иони битта электрон йўқотиб  $\text{Fe}^{3+}$  ионигача, иккита  $2\text{S}^{-}$  иони эса 10 та электрон қабул қилиб  $2\text{S}^{4+}$  гача оксидланади.  $\text{O}$  оксидловчи, у тўртта электрон қабул қилиб  $2\text{O}^{2-}$  гача қайтарилади<sup>2</sup>. Шунга асосан, реакциянинг электрон баланс тенгламаси



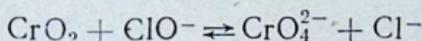
Топилган коэффициентлар реакция тенгламасига қўйилса:



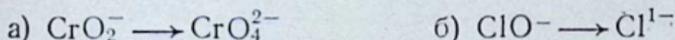
**Ион-электрон усул.** Дастлаб, оксидланиш-қайтарилиш процессида системанинг ҳар бир қисми учун алоҳида тенглама тузилади. Бундай тенгламаларни тузишда реакцияларнинг сувли муҳитда боришини ҳисобга олиб, реакцияда, албатта,  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$  ионлари, шунингдек  $\text{H}_2\text{O}$  молекуласини иштироки кўзда тутилади.

Мисол тариқасида қуйидаги реакцияларни кўриб чиқамиз.

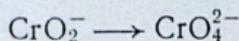
**1-масала.** Қуйидаги оксидланиш-қайтарилиш реакцияси тенгламасини ион-электрон усулдан фойдаланиб тузинг:



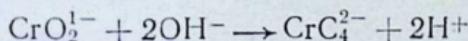
Ечиш. Реакция ишқорий муҳитда бориб, унинг ҳар бир қисми учун оксидланиш-қайтарилиш системаси қуйидагича ифодаланади:



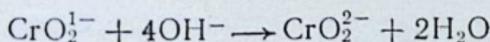
Ушбу реакцияда биринчи (а) система қайтарувчи (яъни электрон беради), иккинчиси (б) эса оксидловчи вазифасини бажаради. Ҳар бир қисм учун атом ва зарядлар баланси кўрсатилган тартибда тузилади. Системанинг биринчи қисми учун:



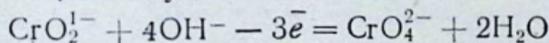
Бу системада атом баланси учун яна икки атом кислород ( $\text{OH}^-$  иони ёки  $\text{H}_2\text{O}$  молекуласидан олинади) керак. Кислород атомини иккита водороддан кўра битта водороддан ажратиш осон, шунинг учун:



Реакция ишқорий муҳитда бориши керак. Демак,  $\text{H}^+$  ионлари  $\text{OH}^-$  ионлари билан нейтралланади ва реакция қуйидагича боради:



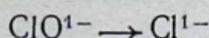
Атомлар баланси олингандан сўнг, заряд баланс юзага келтирилиши керак (чапда  $-5$ , ўнгда эса  $-2$ ). Зарядлар баланси тенгламанинг чап томонидан учта электрон олиниши билан ҳосил бўлади:



Учта электроннинг олиниши, шунча мусбат зарядни

қабул қилинганига тенг бўлгани учун чап томондаги зарядлар йиғиндиси ҳам  $-2$  га тенг бўлади.

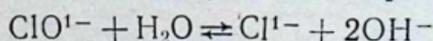
Системанинг иккинчи қисми учун эса:



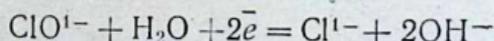
атом балансни юзага келтириш учун чап томондаги  $\text{ClO}^-$  ионидан кислородни ажратиш керак. Бу эса водород иони ҳисобига бўлади.

Электрон қўшиш ва айиришни фақат тенгламанинг чап томонида бажариш мумкин, чунки оксидланиш-қайтарилиш процесси фақат реакция учун олинган моддалар орасида содир бўлади.

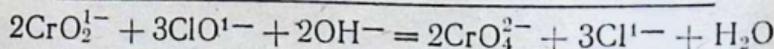
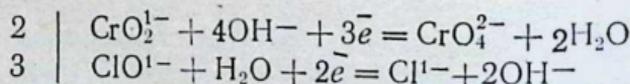
$\text{ClO}^-$  таркибидаги кислородни боғлаш учун водород ионини  $\text{OH}^-$  ёки  $\text{H}_2\text{O}$  молекуласидан ажратиб олиш осон,



Энди зарядлар ҳисобланади: чап томонда  $-1$ , ўнгда  $-3$ . Демак, чап томонга иккита электроннинг қўшилиши ҳисобига зарядлар баланси юзага келтирилади:

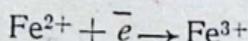


Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг умумий тенгламасини тузиш учун ҳар бир қисмнинг тенгламалари қўшилади ва уларни шундай коэффициентларга кўпайтириш керакки, бунда қайтарувчи берган электронлар сони оксидловчининг қабул қилган электронлари сонига тенг бўлсин. Кўрилган мисол учун:

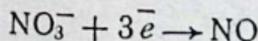


**2-масала.** Икки валентли темир ионини нитрат кислота, яъни нитрат-ионлари билан оксидланиши реакцияси тенгламасини тузинг.

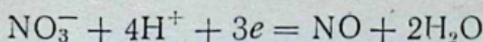
Ечиш.  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$  гача оксидланиб, битта электрон беради:



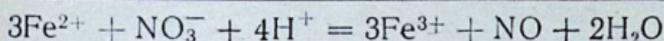
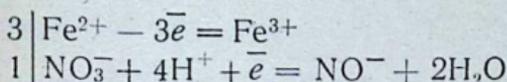
Оксидловчи бўлган  $\text{NO}_3^-$  иони ўргача кислотали муҳитда  $\text{NO}$  гача қайтарилиб, учта электрон қабул қилади:



$\text{NO}_3^-$  даги ортиқча кислородни боғлаш учун тўртта водород иони керак:

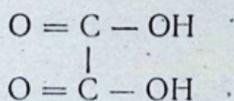


Қайтарувчи берадиган ва оксидловчи қабул қиладиган электронлар сонини ҳисобга олиб, тенгламалар ҳадлаб қўшилса:

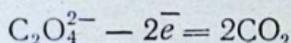


**3-масала.** Оксалат ионлари  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  нинг кислотали муҳитда  $\text{MnO}_4^-$  ионлари билан оксидлаш реакцияси тенгламасини тузинг.

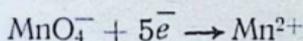
Е ч и ш.



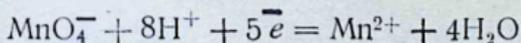
Бунда углерод атомининг оксидланиш даражаси тўртга тенг.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  кислота  $\text{MnO}_4^-$  иони билан  $\text{CO}_2$  гача оксидланганда ҳам углероднинг оксидланиш даражаси тўртлигича қолади. Электрон бериш углерод атомлари ўргасидаги ковалент боғнинг узилиши ҳисобига бўлади. Бу электронларни  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  иони беради:



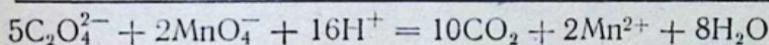
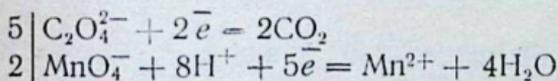
$\text{MnO}_4^-$  иони кислотали муҳитда  $\text{Mn}^{2+}$  ионигача қайтарилади, яъни  $\text{Mn}^{7+}$  5 та электрон қабул қилади:



Перманганат ионини таркибидаги 4 та кислородни боғлаш учун 8 та водород ионлари керак. Демак,



Шундай қилиб,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  2 та электрон беради ва  $\text{MnO}_4^-$  ионлари 5 та электрон қабул қилади. Бу тенгламаларга тегишли электронлар сонини кўпайтириб, ҳадлаб қўшилса:



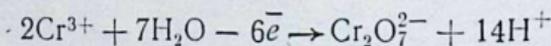
**4-масала.**  $\text{Cr}^{3+}$  ионининг персульфат  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  иони таъ-

сирида оксидланиб,  $\text{CrO}_7^{2-}$  ионига ўтиш реакцияси тенгламасини тузинг.

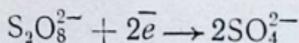
Ечиш. Оксидловчи таркибидаги кислородни (масалан,  $\text{NO}_3^-$  ва  $\text{MnO}_4^-$ ) боғлаш учун водород керак. Шунинг учун, одатда, бундай оксидловчилар билан реакциялар кислотали муҳитда боради.

Бу мисолда аксинча ҳолат кузатилади: оддий  $\text{Cr}^{3+}$  ионининг оксидланиши натижасида таркибида кислород бўлган  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  иони ҳосил бўлади. Бу кислородни сув молекуласини парчалаб олиш мумкин. Шу сабабли  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ионининг ҳосил бўлиши учун қанча кислород атоми зарур бўлса, тенгламанинг чап томонидан шунча сув молекуласи олиш керак.

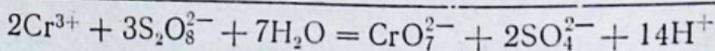
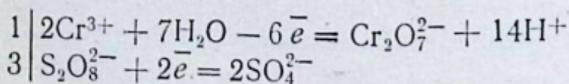
$\text{Cr}^{3+}$  ионларининг оксидланиш процессини қуйидагича ёзиш мумкин:



Персульфат кислота аниони оксидловчи бўлиб, унинг таркибидаги олтингугурт атомларининг оксидланиш даражаси олтига тенгдир. Персульфат кислотанинг қайтарилиш маҳсулоти  $\text{SO}_4^{2-}$  бўлиб, ундаги олтингугурт атомларининг оксидланиш даражаси ҳам олтига тенг. Шунинг учун қайтарувчи вазифасини бажарувчи электронлар пероксид гурпадаги кислород атомлари орасидаги координацион боғларнинг узилиши ҳисобига ҳосил бўлади:

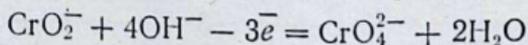


Шундай қилиб, ҳар бир  $\text{Cr}^{3+}$  иони 3 та электрон беради, ҳар бир  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  иони эса 2 та электрон бириктириб олади. Бундан:

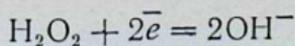


5-масала.  $\text{CrO}_2^-$  ионларининг ишқорий муҳитда  $\text{H}_2\text{O}_2$  таъсирида оксидланиб,  $\text{CrO}_4^{2-}$  га айланиши реакция тенгламасини тузинг.

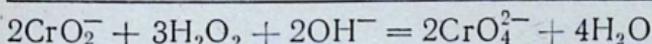
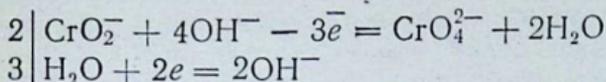
Ечиш. Қайтарувчи —  $\text{CrO}_2^-$  ионлари учун:



Водород пероксид  $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$  оксидловчидир. У қайтарилганда пероксид боғ узилади ва  $\text{H}_2\text{O}_2$  молекуласи иккита электрон қабул қилиб олади:

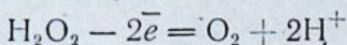


Тенгламалар ҳадлаб қўшилади:

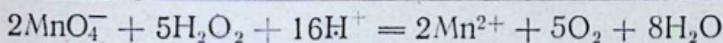
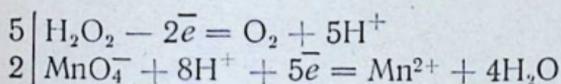


**6-масала.**  $\text{MnO}_4^-$  ионларининг кислотали муҳитда  $\text{H}_2\text{O}_2$  билан қайтарилиб,  $\text{Mn}^{2+}$  ионларига айланиши реакция тенгламасини чиқаринг.

Ечиш. Бу мисолда водород пероксид кислотали муҳитда қайтарувчи вазифасини бажаради. Водород пероксид қуйидаги тенгламага мувофиқ оксидланиб, эркин ҳолатдаги кислород ажратади:



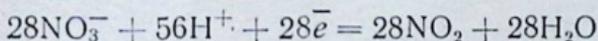
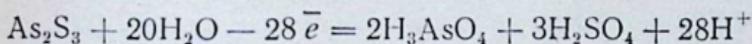
Демак, келтирилган мисолда қуйидаги реакциялар содир бўлади:



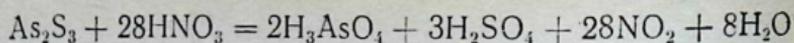
**7-масала.**  $\text{As}_2\text{S}_3$  ни конц.  $\text{HNO}_3$  таъсирида оксидланиши реакция тенгламасини тузинг.

Ечиш. Бу реакцияда мишьякнинг оксидланиш даражаси +3 бўлиб, у оксидланиш даражаси +5 бўлган арсенат кислотага ўтади. Шундай қилиб, мишьякнинг иккита атоми тўртта электрон йўқотади.  $\text{As}_2\text{S}_3$  да олтингургуртнинг қайтарилиши натижасида сульфат кислота ҳосил бўлади.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  да олтингургуртнинг оксидланиш даражаси +6 га тенг. Демак, ҳар бир атом олтингургурт 8 та, уч атоми эса 24 та электрон йўқотади.

$\text{As}_2\text{S}_3$  молекуласи  $\text{HNO}_3$  таъсирида оксидланганда ҳаммаси бўлиб 28 та электрон йўқотади ва оксидловчи ( $\text{HNO}_3$ ) шунча электрон бириктириб олади. Конц.  $\text{HNO}_3$  суолтирилган  $\text{HNO}_3$  дан фарқ қилиб,  $\text{NO}_2$  гача қайтарилади. Юқорида айтилганларни ҳисобга олиб, қуйидаги тенглик тузилади:



Бу икки тенглик ҳадма-ҳад қўшилса:



Шундай қилиб, ион-электрон усулда оксидланиш-қайтарилиш тенгламаларини тузишда атомларнинг электр валентлигини билиш шарт эмас. Тенгламаларда  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$  ионларининг ўрнини ҳам топиш жуда осон.

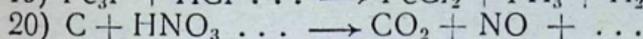
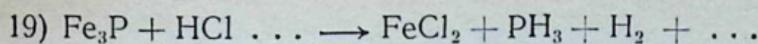
### Муस्ताқил ечиш учун масалалар

240. Қуйидаги оксидланиш-қайтарилиш реакцияларига коэффициентларни ва қайси модда оксидловчи ҳамда қайси модда қайтарувчи эканлигини кўрсатинг:

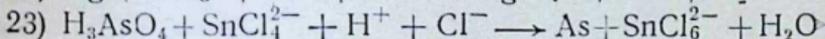
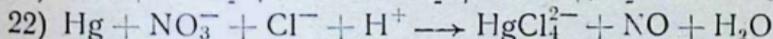
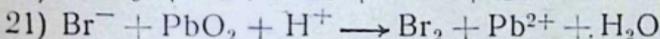
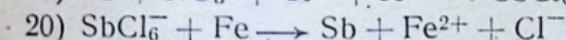
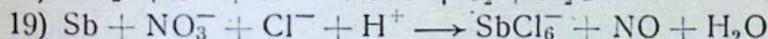
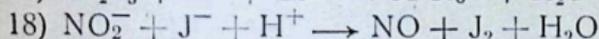
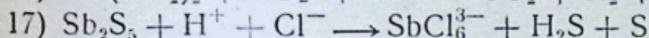
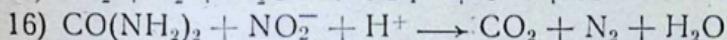
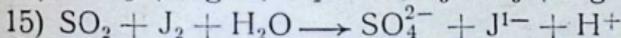
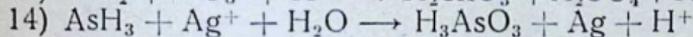
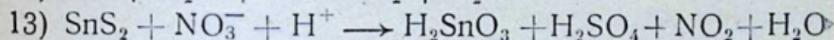
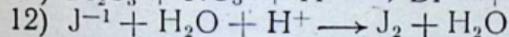
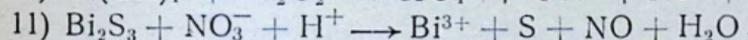
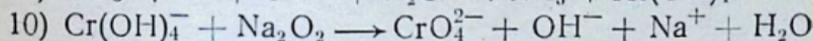
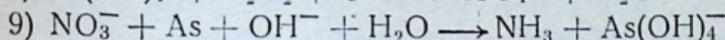
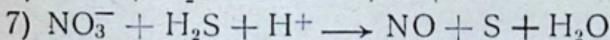
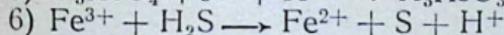
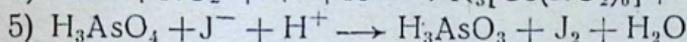
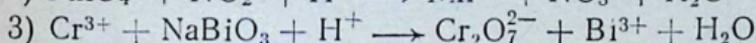
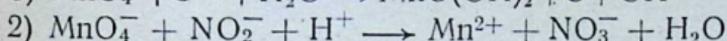
- 1)  $\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KJ} + \text{HCl} \rightarrow \text{J}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{MnO}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \downarrow$
- 4)  $\text{KClO}_3 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{J}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HJ}$
- 6)  $\text{CuS} \downarrow + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{S} \downarrow$
- 7)  $\text{As}_2\text{S}_3 \downarrow + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 8)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 9)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 10)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$

241. Қуйидаги схемалар бўйича борувчи реакцияларнинг тўлиқ тенгламаларини тузинг, оксидловчи ва қайтарувчиларни кўрсатинг:

- 1)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \dots \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \dots$
- 2)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KJ} + \dots \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{J}_2 + \dots$
- 3)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{O}_2 + \dots \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \dots$
- 4)  $\text{J}_2 + \dots \rightarrow \text{KJO}_3 + \text{KJ} + \dots$
- 5)  $\text{Br}_2 + \dots \rightarrow \text{NaBrO}_3 + \text{NaBr} + \dots$
- 6)  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \dots$
- 7)  $\text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \dots \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_2 + \dots$
- 8)  $\text{NaCl} + \text{KMnO}_4 + \dots \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnSO}_4 + \dots$
- 9)  $\text{MnSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \dots \rightarrow \text{MnO}_2 + \dots$
- 10)  $\text{MnO}(\text{OH})_2 + \text{PbO}_2 + \dots \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \dots$
- 11)  $\text{Mn}(\text{OH})_3 + \text{PbO}_2 + \dots \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \dots$
- 12)  $\text{PbCl}_4 + \dots \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{HCl}$
- 13)  $\text{BrCl}_3 + \text{K}_2\text{SnO}_2 + \dots \rightarrow \text{Bi} + \text{K}_2\text{SnO}_3 + \dots$
- 14)  $\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{KMnO}_4 + \dots \rightarrow \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \dots$
- 15)  $\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{KJ} + \dots \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{J}_2 + \text{KOH} + \dots$
- 16)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8 \dots \rightarrow \text{H}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots$
- 17)  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$
- 18)  $\text{Fe}_3\text{P} + \text{HNO}_3 \dots \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO} + \dots$



242. Қуйидаги реакция тенгламаларига коэффициентлар танланг:



2-§. Оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари. Системанинг оксидланиш-қайтарилиш потенциалли (нормал водород потенциалига нисбатан) билан концентрация орасидаги миқдорий боғлиқлик қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{оксид}]}{[\text{қайтар}]} \quad (6.1)$$

Бунда:  $E$  — оксидланиш-қайтарилиш потенциалли, В;  
 $R$  — универсал газ доимийси, 8,314 Ж;  $T$  — эритманинг абсолют температураси;  $n$  — оксидланиш-қайтарилиш реакцияларида йўқолган ёки

қабул қилинган электронлар сони;  $F$  — Фарадей сони, 96500 кулсн; [оксид] — оксидловчи концентрацияси; [қайтар] — қайтарувчи концентрацияси;  $E_{\text{оксид/қайтар}}^0$  — нормал оксидланиш-қайтарилиш потенциалли.

Ионлар концентрацияси (активлиги) бирга тенг бўлгандаги ( $25^\circ\text{C}$ ), нормал водород билан жуфтда ўлчанган потенциалга нормал ( $E^\circ$ ) потенциал деб аталади.

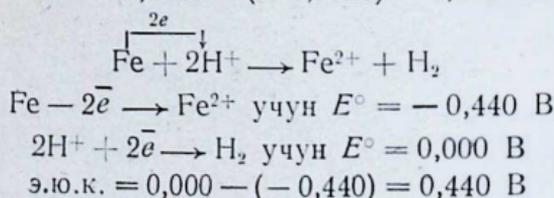
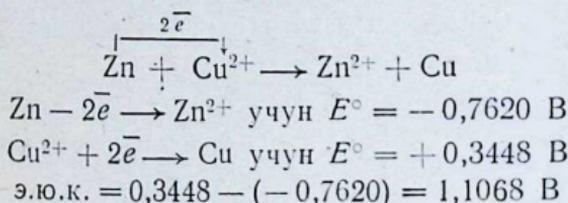
Нормал водород электродининг потенциалли тахминан 0 деб қабул қилинган.

Турли системалар учун нормал оксидланиш-қайтарилиш потенциалли иловадаги 8-жадвалда берилган.

Реакциянинг электр юритувчи кучини (э.ю.к.) топиш учун оксидловчининг потенциал қийматидан қайтарувчининг потенциал қийматини айириш керак:

$$\text{э.ю.к.}(E) = E_{\text{оксид}} - E_{\text{қайтар}} \quad (6.2)$$

Агар  $a = 1$  бўлса, нормал (стандарт) э.ю.к. нормал потенциаллар айирмасига тенг. Масалан:



Агар (6.1) тенгламадаги константаларга сон қийматлари қўйилса ва натурал логарифмдан ўнли логарифмга ўтилса (ўтиш коэффиценти 2,303 га тенг),  $T = 298^\circ\text{K}$  ( $+25^\circ\text{C}$ ) да (6.2) формула қуйидаги кўринишни олади:

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{8,314 \cdot 298 \cdot 2,303}{n \cdot 96500} \lg \frac{[\text{оксид}]}{[\text{қайтар}]} \quad (6.3)$$

ёки

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид}]}{[\text{қайтар}]} \quad (6.4)$$

Умумий ҳолатда (6.2) тенгламанинг кўриниши:

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,056}{n} \lg \frac{[\text{оксид}]}{[\text{қайтар}]} \quad (6.5)$$

30°C да 0,059/ $n$  ўрнига 0,06/ $n$ , 18°C да эса 0,058/ $n$  қиймат қўйилади ва ҳоказо.

Агар  $[\text{оксид}] = [\text{қайтар}] = 1$  бўлса, у ҳолда  $\frac{[\text{оксид}]}{[\text{қайтар}]} = 1$   $\lg 1 = 0$  ва  $E = E^0$  бўлади. Бу ҳолатга системанинг *нормал оксидланиш-қайтарилиш потенциали* дейилади.

Агар оксидланиш-қайтарилиш реакциясида  $m$  та водород ионлари қатнашса, у ҳолда оксидланиш-қайтарилиш потенциали  $E$  фақат оксидловчи ёки қайтарувчи концентрациясига боғлиқ бўлмай, балки водород ионлари концентрациясига ҳам боғлиқ бўлади.

Бу ҳолатда (6.5) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид}][\text{H}^+]^m}{[\text{қайтар}]} \quad (6.6)$$

Агар (6.3) ва (6.5) тенгламаларда концентрация активлик билан алмаштирилса:

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{\text{оксид}}}{a_{\text{қайтар}}} = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид}] \cdot f_{\text{оксид}}}{[\text{қайтар}] \cdot f_{\text{қайтар}}} \quad (6.7)$$

бунда,  $f_{\text{оксид}}$  ва  $f_{\text{қайтар}}$  — тегишли ионларнинг активлик коэффициентлари.

У ҳолда:

$$E = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{\text{оксид}} \cdot a_{\text{H}^+}^m}{a_{\text{қайтар}}} = E_{\text{оксид/қайтар}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид}] [\text{H}^+]^m \cdot f_{\text{оксид}} \cdot f_{\text{H}^+}^m}{[\text{қайтар}] \cdot f_{\text{қайтар}}} \quad (6.8)$$

#### Масалалар ечишга доир намуналар

**1-масала.** Нормал оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари жадвалидан фойдаланиб, хлорид кислота билан қалай ва мис ўртасида оксидланиш-қайтарилиш реакциясини бориш-бормаслигини аниқланг.

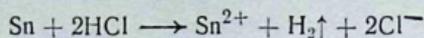
Е ч и ш. Иловадаги 8-жадвалдан:

$$E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^0 = -0,136 \text{ В}; \quad E_{\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}}^0 = +0,01 \text{ В}; \quad E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,3448 \text{ В}.$$

Водород ионлари 8-жадвалда ўнг устунда ва юқорида турувчи барча металлларни оксидлаши мумкин. Берилган ҳолатда бундай

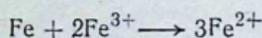
металл — қалайдир. Мис эса жадвалда кўрсатилган чизикдан пастда жойлашган бўлиб, у водород ионлари ёрдамида оксидланмайди. Шунинг учун хлорид кислота оксидловчи модда бўлмаганда мисга таъсир кўрсата олмайди.

$E_{\text{Sn}^{IV}/\text{Sn}}^0 = +0,01 \text{ В}$  ва  $E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^0 = -0,136 \text{ В}$  бўлгани учун водород ионлари қалай метални икки валентли қалай ҳолатигача оксидлайди. Реакция қуйидагича боради:

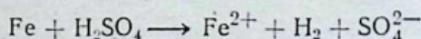


**2-масала.** Сульфат кислота иштирокида темир (III)-сульфат эритмасига темир кукуни қўшилса, реакция борадими?

Ечиш. Иловадаги 8-жадвалга асосан темир метали водород ионлари ва  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари билан оксидланади деб хулоса қилиш мумкин:



Темир метали ортиқча миқдорда бўлса, у ҳолда қуйидагича реакция боради:



**3-масала.** Йодид кислота ёрдамида қандай ионларни қайтариш мумкин ( $E_{\text{J}_2/\text{J}^-}^0 = +0,5345 \text{ В}$ ) ?

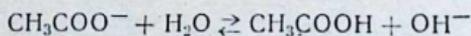
Ечиш. Иловадаги 8-жадвал маълумотларига асосланиб унинг ўнг ва чизикдан паст қисмида жойлашган ҳамма ионларни йодид кислота қайтара олади дейиш мумкин. Масалан: мишьяк кислота иони, броматлар, темир (III) иони, нитрил кислота иони, бихроматлар, перманганатлар ва бошқалар.

**4-масала.** 0,5 М натрий ацетат эритмасидаги водород электроди потенциални ҳисобланг.

Ечиш. Тегишли шароитда водород электронининг потенциали қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$E_{\text{H}_2/2\text{H}^+} = E_{\text{H}_2/2\text{H}^+}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{H}^+]^2 = E_{\text{H}_2/2\text{H}^+}^0 + 0,059 \lg [\text{H}]$$

Эритмадаги водород ионлари қонцентрацияси  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  иони гидролизи бўйича топилади:



Бунда  $\text{OH}^-$  иони қонцентрацияси:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{гидр}} \cdot C} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HAc}}} \cdot C} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14} \cdot 0,5}{1,74 \cdot 10^{-5}}} = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

Сувнинг ион кўпайтмасидан фойдаланиб,  $\text{H}^+$  иони қонцентрацияси аниқланади:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,7 \cdot 10^{-5}} = 5,9 \cdot 10^{-10} \text{ г-ион/л}$$

Топилган водород ионлари қонцентрациясини оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари тенгласига қуйилса:

$$E_{\text{H}_2/\text{H}^+} = 0 + 0,059 \lg (5,9 \cdot 10^{-10}) = -0,545 \text{ В}$$

бунда

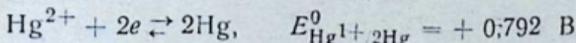
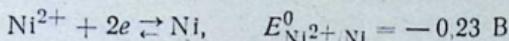
$$E_{\text{H}_2/\text{H}^+}^0 = 0 \text{ В}$$

**5-масала.** Қуйидаги гальваник элементнинг э.ю.к. ни ҳисобланг:

$$\text{Ni}/\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \text{ 0,2 M, NH}_3 \text{ 2 M}$$

$$\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{K}) \text{ KCl 0,1 M, Hg 2 M}$$

Е чи ш. Гальваник элемент электродларида қуйидаги реакциялар боради:



Бу электродларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Ni}^{2+}]$$

$$E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}} = E_{\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Hg}_2^{2+}]$$

Ҳисоблаш учун  $\text{Ni}^{2+}$  ва  $\text{Hg}_2^{2+}$  ларнинг концентрацияларини билиш керак.  $\text{Ni}^{2+}$  иони концентрациясини ортиқча микдордаги  $\text{NH}_3$  да комплекс ҳосил бўлиши асосида аниқланади.

Эритмада асосий вазифани  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  бажаради деб, никель ионларининг концентрацияси ҳисобланади:

$$[\text{Ni}^{2+}] = \frac{C_{\text{Ni}}}{K_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]^{2+}} (C_{\text{NH}_3} - 4C_{\text{Ni}})} = \frac{0,2}{2,95 \cdot 10^7 \cdot (2 - 4 \cdot 0,2)^4} = 3,27 \cdot 10^{-9} \text{ г-ион/л.}$$

Демак,

$$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = -0,23 + \frac{0,059}{2} \lg 3,27 \cdot 10^{-9} = -0,48 \text{ В}$$

$\text{Hg}_2^{2+}$  ионларининг концентрацияси  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  нинг 0,1 M и KCl эритмасидаги эрувчанлиги асосида топилади:

$$[\text{Hg}_2^{2+}] = \frac{\mathcal{K}_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}}{[\text{Cl}^-]^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-18}}{(0,1)^2} = 1,3 \cdot 10^{-16} \text{ г-ион/л.}$$

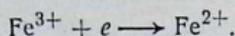
Бундан

$$E_{\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}} = 0,792 + \frac{0,059}{2} \lg 1,3 \cdot 10^{-16} = 0,323 \text{ В}$$

Гальваник элементнинг

$$\text{э.ю.к.} = E_{\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}} - E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = 0,323 - (-0,48) = 0,803 \text{ В}$$

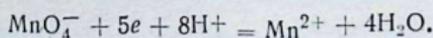
6-масала. Агар  $Fe^{3+} = 0,005$  г-ион/л ва  $Fe^{2+} = 0,1$  г-ион/л бўлса, қуйидаги тенгламадан фойдаланиб системанинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллини ҳисобланг.



Е чиш.  $E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^0$  нинг қиймати иловадаги 8-жадвалдан олинди ва (6.3) тенгламадан фойдаланиб ечилади:

$$E = 0,771 + 0,059 \lg \frac{0,005}{0,1} = 0,695 \text{ В}$$

7-масала. Агар  $[H^+] = 10^{-1}$  г-ион/л ва  $[MnO_4^-] = [Mn^{2+}] = 1$  г-ион/л бўлса, қуйидаги реакция тенгласидан фойдаланиб, системанинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллини ҳисобланг.



Е чиш. (6.6) тенгламага асосан:

$$E = E_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[MnO_4^-] [H^+]^8}{[Mn^{2+}]}$$

$$E_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 = 1,52 \text{ В}$$

У ҳолда:

$$E = 1,52 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{1 \cdot (10^{-1})^8}{1} = 1,48 \text{ В.}$$

8-масала. Агар  $MnO_4^-$  ва  $Mn^{2+}$  активликлари нисбати 1 га тенг ( $E_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 = 1,51$  В) бўлса, рН 1 дан 3 гача ўзгарганда  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  жуфт потенциал қиймати қандай ўзгаради? Ҳисоблашларда ион кучи таъсири ҳисобга олинмасин.

рН = 1 бўлганда (6.8) тенгламага асосан:

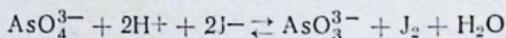
$$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{a_{MnO_4^-} \cdot a_{H^+}^8}{a_{Mn^{2+}}} = 1,51 + \frac{0,059}{5} \cdot \lg (1 \cdot 10^{-1})^8 =$$

$$= 1,51 + \frac{8 \cdot 0,059}{5} = 1,51 - 0,09 = 1,42 \text{ В}$$

рН = 3 бўлганда,

$$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg (1 \cdot 10^{-3})^8 = 1,51 - \frac{24 \cdot 0,059}{5} = 1,51 - 0,28 = 1,23 \text{ В}$$

9-масала. Оксидланиш-қайтарилиш потенциалли қийматига асосланиб, қуйидаги реакциянинг йўналишини топинг:



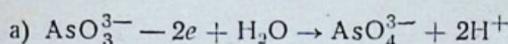
а)  $[AsO_4^{3-}] = [AsO_3^{3-}] = 1$  г-ион/л

$[H^+] = 1$  г-ион/л ва  $E_{J_2/2J^-}^0 = 0,5345$  В бўлса,

б)  $[AsO_4^{3-}] = [AsO_3^{3-}] = 1$  г-ион/л

$[H^+] = 10^{-7}$  г-ион/л ва  $E_{J_2/2J^-}^0 = 0,5345$  В.

Е ч и ш.



реакцияда  $[H^+] = 1$  г-ион/л бўлганда,

$$E = E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[AsO_4^{3-}] \cdot [H^+]^2}{[AsO_3^{3-}]}$$

$E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}}$  қиймати 8-жадвалдан олинса:

$$E = 0,559 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{1 \cdot 1^2}{1} = 0,559$$
 В

б)  $[H^+] = 10^{-7}$  г-ион/л бўлганда

$$E = 0,559 + \frac{0,059}{2} \lg (10^{-7})^2 = 0,559 - 0,413 = 0,146$$
 В

Шундай қилиб, кислотали муҳитда  $[H^+] = 1$  г-ион/л бўлганда

$$E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}} - E_{J_2/2J^-} = 0,559 - 0,5345 = 0,0245$$
 В.

Бунда  $AsO_4^{3-}$  ионлари  $J^-$  ионларини оксидлайди, яъни реакция чапдан ўнга силжийди.

Кислоталик даражасини пасайтирсак  $E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}}$  камаяди, ammo  $E_{J_2/2J^-} - H^+$  ионларига боғлиқ бўлмайди, чунки водород ионлари реакцияда иштирок этмайди.

Нейтрал муҳитда  $E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}}^0 < E_{J_2/2J^-}^0$ , яъни 0,146 В < 0,5345 В бўлади. Шунинг учун йод  $AsO_3^{3-}$  ни  $AsO_4^{3-}$  гача оксидлайди (реакция ўнгдан чапга силжийди).

**10-масала.**  $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$  системада  $\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = \frac{10}{90} = 10^{-1}$  ва  $\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = \frac{99,9}{0,1} = 10^3$  бўлиб, эритманинг ион кучи  $\mu = 0,1$  бўлганда, активлик коэффициентини ҳисобга олмаган ва олган ҳолда оксидланиш-қайтарилиш потенциалини ҳисобланг.

Е ч и ш. а) активлик коэффициенти ҳисобга олинмаса, система-нинг оксидланиш-қайтарилиш потенциали (6.3) формулага асосан ҳисобланади:

$$1) E_1 = 0,771 + 0,059 \lg \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = 0,771 + 0,059 \lg 10^{-1} = 0,77 - 0,059 = 0,712$$
 В.

$$2) E_2 = 0,771 + 0,059 \lg \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = 0,771 + 0,059 \lg 10^3 = 0,771 + 0,059 \cdot 3 = 0,948$$
 В.

б) активлик коэффициенти ҳисобга олинганда эса (6.7) формула бўйича ҳисобланади:

$$E = 0,771 + 0,059 \lg \frac{[Fe^{3+}] \cdot f_{Fe^{3+}}}{[Fe^{2+}] \cdot f_{Fe^{2+}}};$$

$$f_{\text{Fe}^{3+}(\text{оксид})} = 0,08; \quad f_{\text{Fe}^{2+}(\text{қайтар})} = 0,33$$

$$1) E_1 = 0,771 + 0,059 \lg \left( \frac{10}{90} \cdot \frac{0,08}{0,33} \right) = 0,771 + 0,059 - (-1,5686) = 0,679 \text{ В.}$$

$$2) E_2 = 0,771 + 0,059 \lg \left( \frac{99,9}{0,1} \cdot \frac{0,08}{0,33} \right) = 0,7710 + 0,059 (2,3838) = 0,912 \text{ В.}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

243. Таркибида 0,2 М  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 0,3 М  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  ва 0,5 М  $\text{HNO}_3$  бўлган эритмаларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллини ҳисобланг.

244. Таркибида 0,1 М  $\text{KMnO}_4$ , 0,01 М  $\text{NaOH}$  ва  $\text{MnO}_2$  дан (қаттиқ) иборат системанинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллини аниқланг.

245. 20 мл 0,05 М  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$  ва 18 мл 0,05 М  $\text{I}_2$  эритмаларини аралаштириш натижасида ҳосил бўлган эритманинг рН н 8 га тенг. Эритманинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллини ҳисобланг.

246. Эритма таркибида 0,1 М  $\text{CuSO}_4$  ва 2,0 М  $\text{NH}_3$  бор. Эритмадаги  $\text{Cu} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2e$  система потенциаллини ҳисобланг.

247. Қуйидаги системаларнинг қайси бирида оксидланиш-қайтарилиш потенциалли катта:

0,1 г-ион/л  $\text{Cu}/[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  1,5 М  $\text{NH}_3$  дами ёки 0,1 г-ион/л  $\text{Cu}/[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}$  1,5 М  $\text{KCN}$  дами?

248. Таркибида 0,1 М  $\text{AgNO}_3$  ва  $\text{KCN}$  бўлган эритмада  $\text{CN}^-$  иони концентрацияси 1 г-ион/л га тенг. Шу эритмадаги кумуш электроди потенциаллини ҳисобланг.

249. Таркибида 3,4 г/л  $\text{AgNO}_3$  ва 2,5 М  $\text{NH}_3$  бўлган эритмадаги кумуш электроди потенциаллини ҳисобланг.

250. 1 л да 7 г  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  ва 51 г  $\text{NH}_3$  бўлган эритмада никель электроди потенциаллини ҳисобланг.

251. 1 л да 5,61 г  $\text{KOH}$  бўлган эритмада водород электроди потенциаллини ҳисобланг.

252. 5%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  бўлган эритмада водород электроди потенциаллини ҳисобланг.

253. 10 мл 0,5 М  $\text{HCl}$  ва 20 мл 0,25 М  $\text{KOH}$  қўшилишидан ҳосил бўлган эритмада водород электроди потенциаллини ҳисобланг.

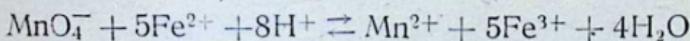
254. 200 мл да 1,2 г  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва 3,3 г  $\text{CH}_3\text{COONa}$  бўлган эритмадаги водород электроди потенциаллини ҳисобланг.

255. Қуйидаги гальваник элементнинг э.ю.к. ни ҳисобланг ва тегишли химиявий реакция қайси йўналишга боришини аниқланг?

- 1)  $Zn/Zn^{2+} (0,001 \text{ г-ион/л}) // Cu^{2+} (0,1 \text{ г-ион/л})/Cu$
- 2)  $Al/Al^{3+} (0,05 \text{ г-ион/л}) // Ag^{+} (0,03 \text{ г-ион/л})/Ag$
- 3)  $Pt / Sn^{II} (0,01 \text{ г-ион/л}) // Fe^{2+} (0,001 \text{ г-ион/л}) | Pt$   
 $Pt / Sn^{IV} (0,001 \text{ г-ион/л}) // Fe^{3+} (0,01 \text{ г-ион/л}) | Pt$
- 4)  $Pt / Fe^{2+} (0,01 \text{ г-ион/л}) // Cu_2O_7^{2-} (0,1 \text{ г-ион/л}) | Pt$   
 $Pt / Fe^{3+} (10^{-6} \text{ г-ион/л}) // Cu^{3+} (10^{-6} \text{ г-ион/л}) | Pt (pH=1)$

**3-§. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг мувозанат константаси.** Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари қайтар процессдир. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларида  $E_{\text{оксидловчи}} (E_{\text{оксид.}})$   $E_{\text{қайтарувчига}} (E_{\text{қайт.}})$  тенг бўлганда динамик мувозанат қарор топади. Агар реакциялар қайтар бўлса, уларга массалар таъсири қонунини қўллаб, ўзаро таъсир этувчи ионларнинг моляр концентрациялари ўзгаришини ҳисоблаш мумкин.

Масалан, қуйидаги реакция учун:



оксид.<sub>1</sub>      қайтар.<sub>2</sub>      қайтар.<sub>1</sub>      оксид.<sub>2</sub>

Массалар таъсири қонунига кўра, реакциянинг мувозанат константаси:

$$\frac{[Mn^{2+}] [Fe^{3+}]^5}{[MnO_4^-] [H^+]^8 [Fe^{2+}]^5} = K_{MnO_4^-/Fe^{2+}} \quad (6.9)$$

$K_{MnO_4^-/Fe^{2+}}$  — реакциянинг мувозанат константаси.

Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари учун мувозанат константасининг умумий тенгламаси қуйидагича ифодланади:

$$a_{\text{оксид.1}} + b_{\text{қайтар.2}} \rightleftharpoons d_{\text{қайтар.1}} + e_{\text{оксид.2}} \quad (6.10)$$

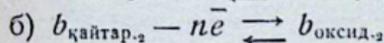
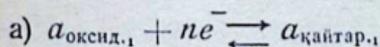
Бундан

$$\frac{[қайтар.1]^d}{[оксид.1]^a} \cdot \frac{[оксид.2]^e}{[қайтар.2]^b} = K_{\text{оксид/қайтар.}}$$

Агар  $a = d$  ва  $b = e$  бўлса, у ҳолда:

$$\frac{[қайтар.1]}{[оксид.1]} \cdot \frac{[оксид.2]}{[қайтар.2]} = K_{\text{оксид/қайтар.}}$$

Қуйидаги реакцияларни кўриб ўтайлик:



(а) реакция учун:

$$E' = E'_0 + \frac{0,059}{n} \lg \left\{ \frac{[\text{оксид}_1]}{[\text{қайтар}_1]} \right\}^a$$

(б) реакция учун эса

$$E'' = E''_0 + \frac{0,059}{n} \lg \left\{ \frac{[\text{оксид}_2]}{[\text{қайтар}_2]} \right\}^b$$

Мувозанат қарор топганда иккала системанинг оксидланиш потенциаллари  $E' = E''$  бўлади. Демак:

$$E'_0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \left\{ \frac{[\text{оксид}_1]}{[\text{қайтар}_1]} \right\}^a = E''_0 + \frac{0,059}{n} \left\{ \frac{[\text{оксид}_2]}{[\text{қайтар}_2]} \right\}^b$$

бундан

$$E'_0 - E''_0 = \frac{0,059}{n} \left[ \lg \left\{ \frac{[\text{оксид}_2]}{[\text{қайтар}_2]} \right\}^b - \lg \left\{ \frac{[\text{оксид}_1]}{[\text{қайтар}_1]} \right\}^a \right] = \frac{0,059}{n} \cdot \lg \left\{ \frac{[\text{қайтар}_1]^a \cdot [\text{оксид}_2]^b}{[\text{оксид}_1]^a \cdot [\text{қайтар}_2]^b} \right\} \quad (6.11)$$

(6.11) тенгламага асосан:

$$E'_0 - E''_0 = \frac{0,059}{n} \lg K_{\text{оксид/қайтар}}$$

ёки

$$\lg K_{\text{оксид/қайтар}} = \frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059} \quad (6.12)$$

Бундан,

$$K = 10^{\frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059}} \quad (6.13)$$

Демак, оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг мувозанат константаси 10 нинг  $\frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059}$  даражасига тенг.

Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари йўналишини аниқлаш учун (6.13) тенгламадан фойдаланилади. Агар  $K=1$  бўлса, у ҳолда:

$$10^{\frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059}} = 1 \text{ дан } \frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059} = 0,$$

яъни  $E'_0 = E''_0$  бўлади. Бу ҳолда оксидланиш-қайтарилиш реакцияси бормайди. Реакциянинг бориши учун  $K > 1$  бўлиши керак, яъни:

$$10^{\frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059}} > 1$$

$$\frac{n(E'_0 - E''_0)}{0,059} > 0$$

$n > 0$  эканлигини ҳисобга олсак,  $(E'_0 - E''_0) > 0$ . Демак, оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг ўнгга силжиш шarti  $(E'_0 - E''_0) = 0$  экан. Ўз-ўзидан маълумки, оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг чапга силжиш шarti  $K < 1$ , яъни  $(E'_0 - E''_0) < 0$  дир. Демак,

$(E'_0 - E''_0) < 0$  реакция чап томонга силжийди.

$(E'_0 - E''_0) = 0$  реакция бормайди.

$(E'_0 - E''_0) > 0$  реакция ўнг томонга силжийди.

### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. Кислотали муҳитда  $KMnO_4$  билан  $J_2$  ўртасида борадиган реакциянинг мувозанат константасини ҳисобланг ( $E^0_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = 1,52$  В,  $E^0_{J_2/2J^-} = 0,54$  В).

Е ч и ш. (6.12) тенгламага асосан

$$\lg K_{MnO_4^-/2J^-} = \frac{10(1,52 - 0,54)}{0,059} = 166$$

Бундан  $K_{MnO_4^-/2J^-} = 10^{166}$  бўлади.

2-масала. Қуйидаги реакция учун мувозанат константасини ҳисобланг.



$$E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0,071 \quad (E^0_{Sn^{4+}/Sn^{2+}} = 0,15)$$

Е ч и ш. (6.12) тенгламага асосан

$$\lg K_{Fe^{3+}/Sn^{2+}} = \frac{2(0,071 - 0,151)}{0,059} = 21$$

Бундан  $K_{Fe^{3+}/Sn^{2+}} = 10^{21}$ .

3-масала. Қуйидаги реакция учун  $K_{KMnO_4^-/Fe^{2+}}$  ни ҳисобланг:



( $n=5$ ,  $[H^+] = 1$  г-ион/л).

Е ч и ш.

$$\lg K_{MnO_4^-/Fe^{2+}} = \frac{5(1,52 - 0,77)}{0,059} = 63,6 = 64,0$$

Бундан

$$K_{MnO_4^-/Fe^{2+}} = 10^{64}$$

Кўриб чиқилган масалаларда оксидланиш-қайтарилиш константаларини солиштириш натижасида қуйидаги мулоҳазалар келиб чиқади:

1) кўриб чиқилган реакцияларнинг ҳаммаси охирига-ча, яъни чапдан ўнгга боради ва улар амалий жиҳатдан қайтмасдир;

2) кўрилган масалаларда:

а) биринчи реакцияда  $[Mn^{2+}]^2 \cdot [J_2]^5 / [MnO_4^-]^2 [J^-]^{10}$  дан  $10^{166}$  марта катта бўлганда;

б) иккинчи реакцияда  $[Fe^{2+}]^2 [Sn^{4+}] / [Fe^{3+}]^2 \cdot [Sn^{2+}]$  дан  $10^{21}$  марта катта бўлганда;

в) учинчи реакцияда  $[Mn^{2+}] [Fe^{3+}]^5 / [MnO_4^-] [H^+]^8, [Fe^{2+}]^5$  дан  $10^{63}$  марта катта бўлганда мувозанат қарор топади.

Ҳар қандай оксидланиш-қайтарилиш реакциясини иккита реакция йиғиндиси деб қараш мумкин (оксидланиш реакцияси ва қайтарилиш реакцияси). Шунга асосан оксидланиш-қайтарилиш реакциялари мувозанат константасини шу икки реакциянинг мувозанат константалари кўпайтмаси деб қараш мумкин:

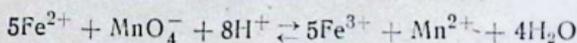
$$K_{\text{оксид/қайтар.}} = K_{\text{оксид.}} \cdot K_{\text{қайтар.}}$$

Ҳар қайси оксидланиш-қайтарилиш реакцияси учун, оксидланиш реакциясининг мувозанат константаси қайтарилиш реакцияси мувозанат константасининг тескари қийматига тенг, яъни:

$$K_{\text{оксид.}} = K_{\text{қайтар.}}^{-1} \quad \text{ёки} \quad \lg K_{\text{оксид.}} = -\lg K_{\text{қайтар.}}$$

Оксидланиш-қайтарилиш реакциясининг умумий мувозанат константаси логарифмини ҳисоблаш учун  $\lg K_{\text{оксид.}}$  ва  $\lg K_{\text{қайтар.}}$  қийматлари ҳадлаб қўшилади.

4-масала. Қуйидаги тенглама бўйича борувчи реакциянинг мувозанат константасини ҳисобланг.



Е ч и ш.

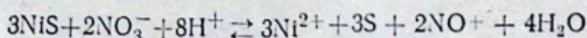
$$\lg K_{KMnO_4-/Fe^{2+}} = \lg K_{\text{оксид.}} + 5 \lg K_{\text{қайтар.}} = 128,5 - 5 \cdot 13,04 = 63,3 \approx 63$$

Бундан

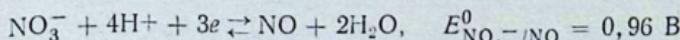
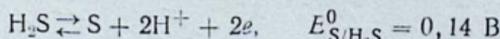
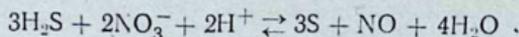
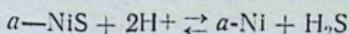
$$K_{KMnO_4-/Fe^{2+}} \approx 10^{63}$$

5-масала. 0,325 г а NiS 10 мл 2 М- $HNO_3$  да эритилди. Ҳосил бўлган эритмадаги  $Ni^{2+}$ ,  $H^+$ ,  $S^{2-}$  ва  $NO_3^-$  ионлари концентрацияларини ҳисобланг.

Е ч и ш. Никель сульфиднинг  $HNO_3$  да эриши қуйидагича боради:



Реакцияни икки процесс йиғиндиси, деб қараш мумкин:



$K_2$  ни ҳисоблаш учун (6.12) тенгламадан фойдаланилади:

$$\lg K_2 = \frac{n(E_0' - E_0'')}{0,059} = \frac{(0,96 - 0,14) \cdot 6}{0,059} = 83,4$$

бундан,

$$K_2 = \frac{1}{[\text{H}_2\text{S}]^3 \cdot [\text{NO}_3^-]^2 \cdot [\text{H}^+]^2} = 2,5 \cdot 10^{83}$$

Никель ионларининг эритмадаги охириги концентрацияси  $\text{NiS}$  ни эритиш учун сарфланган  $\text{HNO}_3$  миқдори ёрдамида топилади:

$$[\text{Ni}^{2+}] = \frac{0,325 \cdot 1000}{90,77 \cdot 10} = 0,358 \text{ г-ион/л}$$

90,77 —  $\text{NiS}$  нинг молекуляр массаси.

$\text{NiS}$  ни эритиш учун  $\text{HNO}_3$  нинг бир қисми сарф бўлади. Бунда водород ионлари концентрацияси  $\text{NO}_3^-$  ионларига қараганда 4 марта ортиқ сарф бўлади, аниқроғи:

$$C_{\text{H}^+ \text{ сарф.}} = \frac{8}{3} [\text{Ni}^{2+}] = \frac{8 \cdot 0,358}{3} = 0,96 \text{ г-ион/л}$$

ва

$$C_{\text{NO}_3^- \text{ сарф.}} = \frac{2}{3} [\text{Ni}^{2+}] = \frac{2 \cdot 0,358}{3} = 0,24 \text{ г-ион/л}$$

Демак, эритмадаги  $\text{H}^+$  ва  $\text{NO}_3^-$  ионларининг охириги концентрациялари қуйидагича:

$$[\text{H}^+] = C_{\text{HNO}_3} - C_{\text{H}^+ \text{ сарф.}} = 2 - 0,96 = 1,04 \text{ г-ион/л.}$$

$$[\text{NO}_3^-] = C_{\text{HNO}_3} - C_{\text{NO}_3^- \text{ сарф.}} = 2 - 0,24 = 1,76 \text{ г-ион/л.}$$

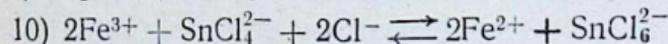
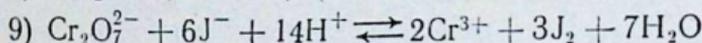
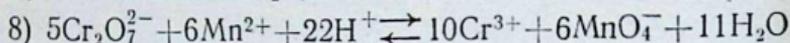
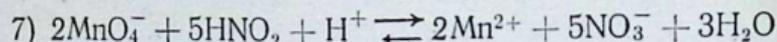
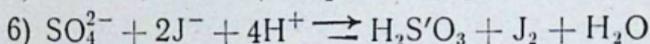
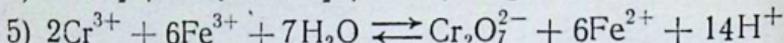
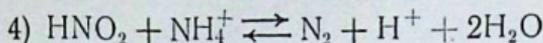
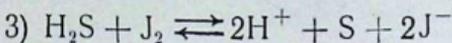
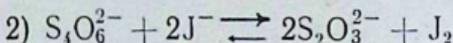
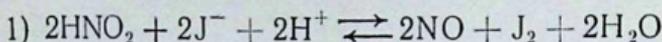
$\text{H}_2\text{S}$  нинг эритмадаги концентрацияси  $K_2$  орқали ҳисобланади:

$$[\text{H}_2\text{S}] = \sqrt[3]{\frac{1}{K_2 [\text{NO}_3^-]^2 \cdot [\text{H}^+]^2}} = \sqrt[3]{\frac{10^{-83}}{2,5(1,76)^2 \cdot (1,04)^2}} = 1,06 \cdot 10^{-28}$$

$\text{H}_2\text{S}$  эритмасидаги  $\text{S}^{2-}$  иони концентрацияси:

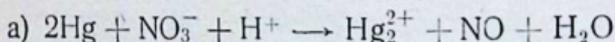
$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K_{1,2} C_{\text{H}_2\text{S}}}{[\text{H}^+]^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-20} \cdot 1,06 \cdot 10^{-28}}{(1,04)^2} = 1,27 \cdot 10^{-48} \text{ г-ион/л}$$

256. Қуйидаги оксидланиш-қайтарилиш реакциялари учун мувозанат константаларини ҳисобланг.



Реакциядаги реагентларнинг эквимоляр миқдори ўзгартирилса, реакция қайси томонга йўналади?

257. Мис ва симоб металлари  $\text{HNO}_3$  да эрийди. Қуйидагича бориши мумкин бўлган реакциялар тенгламаларини тузинг ва уларнинг мувозанат константаларини ҳисобланг:



Мис ва симоб  $\text{HNO}_3$  билан оксидланганда улар эритмада қандай ионлар (бир ёки икки валентли) ҳолида мавжуд бўлишини аниқланг.

258. Таркибида 0,1 M  $\text{H}_2\text{O}_2$  ва 1 M  $\text{HCl}$  бўлган 1 л эритмада 33,2 г  $\text{KJ}$  эритилди. Шу эритмада  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{J}^-$  ва  $\text{J}_2$  ларнинг концентрацияларини ҳисобланг.

259. 3 M 5 мл  $\text{HNO}_3$  да 0,0146 г  $\text{SnS}$  эритилган. Эритмадаги  $\text{S}^{2-}$  ва  $\text{NO}_3^-$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

260. 1 н. 1 л кислотада 16,60 г  $\text{KJ}$  ва 16,22 г  $\text{FeCl}_3$  эритилди. Эритмадаги  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{J}$  ва  $\text{J}_2$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

*Текширилаётган модда таркибини ташкил этган элемент ёки ионлар миқдорини ҳамда модда таркибида жуда оз миқдорда учрайдиган (микроқўшимчалар) қўшимчалар миқдорини аниқлашга имкон берувчи усуллар тўпламига миқдорий анализ усули деб аталади.*

Тажриба учун фойдаланиладиган асбобларга кўра миқдорий анализ усуллари тўрт группага бўлинади:

1. Гравиметрик (тортма) анализ.
2. Титриметрик (ҳажмий) анализ.
3. Газ анализи.
4. Физик-химиявий ёки инструментал анализ усуллари.

Ушбу қўлланмада шу усуллардан фақат гравиметрик ва титриметрик анализ усулларига батафсил тўхталиб ўтамиз, шунингдек уларга оид масалаларни ечиш усуллари билан танишамиз.

### VII боб. ГРАВИМЕТРИК (ТОРТМА) АНАЛИЗ УСУЛИ

*Гравиметрик (тортма) анализ усули деб, анализ қилинадиган модда массасини ёки унинг таркибий қисмларини, химиявий тоза ҳолда ажратиш олинган массасини (бирикма ҳолидаги массасини) аниқ ўлчашга асосланган миқдорий анализга айтилади.*

Гравиметрик усул моддалар массасининг сақланиш қонунига асосланган. Бу усул бўйича анализ қилиш бир неча босқичдан иборат. Булардан аниқланадиган компонентни қийин эрийдиган бирикма ҳолатига ўтказиш, чўкmani эритмадан ажратиш, уни ҳар хил қўшимчалардан ювиб тозалаш, чўкмага термик ишлов бериш ва тортиладиган ҳолатга келтириб, тарозда тортиш.

Гравиметрик анализнинг назарий асосларидан бири чўкма билан унинг тўйинган эритмаси орасидаги мувозанатдир. Бу мувозанат эрувчанлик кўпайтмаси билан ифодаланади.

**I-§. Гравиметрик (тортма) анализдаги ҳисоблашлар.** Анализ учун керак бўлган модда ва

чўктирувчи миқдорини ҳисоблаш. Турли объектларнинг химиявий таркибини анализ қилишда анализ учун олинadиган модда миқдори (қиздириш ёки қури-тишдан сўнг); чўкманинг тахминий миқдори аморф чўкмалар учун 0,07—0,10 г, кристалл чўкмалар учун эса 0,5—1,00 г бўлиши керак. Анализ учун керакли модда миқдори шунга кўра ҳисобланади.

Умумий ҳолда анализда чўктириш учун керак бўлган модда миқдорини ҳисоблашда қуйидаги формула-лардан фойдаланилади:

а) кристалл чўкма ҳосил қилиш учун керак бўлган модда миқдори:

$$a = \frac{mM_A \cdot 0,5}{nM_{A_1}}; \quad (7.1)$$

б) аморф чўкма ҳосил қилиш учун керак бўлган модда миқдори:

$$a = \frac{mM_A \cdot 0,1}{nM_{A_1}}; \quad (7.2)$$

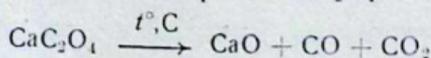
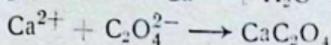
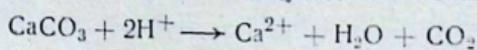
в) чўктирувчи миқдори ёки унинг эритмасининг ҳажми:

$$g = \frac{M_B \cdot a}{n \cdot M_A} \quad \text{ва} \quad V_B = \frac{1,5 \cdot m \cdot M_B \cdot a \cdot 100}{n \cdot M_A \cdot C \cdot \rho} \quad (7.3)$$

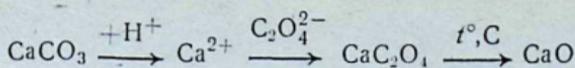
бунда:  $a$  — анализ учун олинган модда массаси, г;  $M_A$  — аниқланадиган модданинг молекуляр массаси, г;  $M_{A_1}$  — тортиладиган намунанинг молекуляр масса-си, г; 0,5 — кристалл чўкмалар учун тортиладиган намунанинг қулай миқдори, г; 0,1 — тортиладиган аморф чўкма миқдори, г;  $m, n$  — реакциянинг стериохимиявий коэффициентлари;  $M_B$  — чўктирув-чининг молекуляр массаси, г;  $V_B$  — чўктирувчи эритманинг ҳажми, мл;  $\rho$  — чўктирувчи эритманинг зичлиги, г/мл;  $C$  — чўктирувчи эритманинг кон-центрацияси, %; 1,5 — ўзгармас коэффициент.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.**  $\text{CaCO}_3$  таркибидан  $\text{Ca}^{2+}$  миқдорини  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ҳолати-да аниқлаш учун керак бўлган модда миқдорини ҳисобланг.  
Ечиш. Реакция тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:



яъни



Анализ учун олинадиган  $\text{CaCO}_3$  миқдори  $\text{CaO}$  га нисбатан ҳисобланади:

$$\frac{M_{\text{CaCO}_3} - M_{\text{CaO}}}{a - 0,5} \quad a = \frac{M_{\text{CaCO}_3} \cdot 0,5}{M_{\text{CaO}}} = \frac{100,1 \cdot 0,5}{56,1} = 0,9 \text{ г.}$$

Демак, анализ учун аниқланадиган туздан 0,9 г олиш керак экан.

2-масала.  $\text{NaCl}$  нинг гравиметрик усул билан тозалигини аниқлаш учун шу туздан қанча олиш кераклигини ҳисобланг.

Е ч и ш. Бу ҳолатда тортиладиган намуна  $\text{AgCl}$  — аморф чўкма бўлиб, ундан 0,1 г миқдорда олиш учун қанча  $\text{NaCl}$  олиш кераклиги ҳисобланади. Реакция тенгламаси:



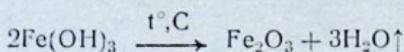
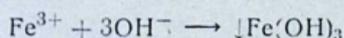
Бундан  $\text{AgCl}$  миқдори:

$$\frac{M_{\text{NaCl}} - M_{\text{AgCl}}}{a - 0,1 \text{ г}} \quad a = \frac{M_{\text{NaCl}} \cdot 0,1}{M_{\text{AgNO}_3}} = \frac{58,5 \cdot 0,1}{143,3} \approx 0,041 \text{ г.}$$

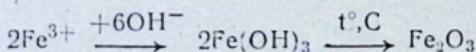
Демак, анализ учун аниқланадиган туздан тахминан 0,041 г олиш керак экан.

3-масала.  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  таркибидаги темир миқдорини аниқлаш учун шу туздан қанча олиш керак?

Е ч и ш. Модда миқдори қуйидаги реакция тенгламаларига асосланиб ҳисобланади:



яъни



Демак,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  нинг анализ учун олинадиган миқдори:

$$\frac{2M_{\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{a_{\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} - 0,1} \quad a = \frac{2M_{\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}} \cdot 0,1}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = \frac{808,0 \cdot 0,1}{159,9} = 0,51 \text{ г.}$$

Демак, анализ учун аниқланадиган туздан 0,51 г олиш керак.

4-масала. Таркибида 4% S бўлган резинадан шу элементни аниқлаш учун қанча резина олиш керак?

Е ч и ш. Бу ерда тортиладиган намуна  $\text{BaSO}_4$  (кристалл чўкма)дир. Тортиладиган намуна массасини 0,5 г бўлишлиги ҳисобга олинса, у ҳолда

$$\frac{M_{\text{BaSO}_4} - A_s}{0,5 - a} \quad a = \frac{A_s \cdot 0,5}{M_{\text{BaSO}_4}} = \frac{32,1 \cdot 0,5}{233,4} = 0,07 \text{ г.}$$

Резина таркибида 4% S бўлганлиги учун:

$$\frac{100 \text{ г} - 4 \text{ г}}{x - 0,07 \text{ г}} \quad x = \frac{100 \cdot 0,07}{4} = 1,75 \text{ г.}$$

Демак, анализ учун 1,75 г резина олиш керак экан.

5-масала. Таркибида 0,5 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  бўлган эритмадан барийни чўктириш учун 2 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан қанча миқдорда олиш керак?

Ечиш. Реакция тенгламаси:



Реакция тенгламасига кўра, реакция учун керак бўлган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  миқдори:

$$\begin{array}{l} M_{\text{H}_2\text{SO}_4} - M_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \\ g_{\text{H}_2\text{SO}_4} - 0,5 \end{array} \quad g_1 = \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 0,5}{M_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}} = \frac{98,05}{244,4} = 0,2 \text{ г.}$$

Чўктирувчи сифатида 2 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ишлатилиши ҳисобга олинса, у ҳолда чўктирувчи эритманинг ҳажми (7.3) тенглама ёрдамида топилади ( $2n = 10\%$  ли  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\rho = 1,035$  г/мл):

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1,5 \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot a \cdot 100 \cdot m}{n \cdot M_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot C \cdot \rho} = \frac{1,5 \cdot 98 \cdot 0,5 \cdot 100}{244,3 \cdot 10 \cdot 1,035} = 2,9 \text{ мл.}$$

Демак, эритмадан 0,5 г  $\text{BaSO}_4$  ни чўктириш учун 3 мл 2 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмаси керак экан.

### Мустақил ечиш учун масалалар

261. Магнийни  $\text{Mg}_3\text{P}_2\text{O}_7$  ҳолида аниқлаш учун ҳосил бўлган чўкма массаси 0,5 г га тенг бўлиши учун  $\text{MgCl}_2$  дан қандай миқдорда олиш керак?

262. Тортиладиган чўкма  $\text{CaCO}_3$  нинг миқдори (0,5 г) дан ошмаслиги учун  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  дан анализ учун қанча миқдорда олиш керак?

263. 0,050 мг  $\text{AgCl}$  чўкмасини ҳосил қилиш учун 1% ли  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан қанча ҳажмда олиш керак?

264. Таркибида 0,02 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  бўлган  $\text{BaCl}_2$  эритмасидан Ва ни чўктириш учун 2 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан қанча ҳажм олиш керак?

265. 0,05 г Са ни чўктириш учун 5% ли  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасидан неча мл керак?

266. 0,3 г темир(III) ионини чўктириш учун конц.  $\text{NH}_4\text{OH}$  дан неча мл керак?

267. Кальцийни  $\text{CaO}$  ва хлорни  $\text{AgCl}$  ҳолида анализ қилиш учун  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  дан ҳар қайси элементни анализи учун бир хил миқдорда олиш керакми?

268. Таркибида 6% аралашмаси бўлган техник ош тузидан хлорни  $\text{AgCl}$  ҳолида аниқлаш учун қанча миқдорда туз олиш керак?

Чўкмаларни ювиш процессида уларнинг йўқолган (эриган) қисмини ҳисоблаш. Бунинг

учун уларнинг эрувчанлик кўпайтмасидан фойдаланилади. Шунингдек, ЭК ёрдамида ювувчи суюқлик таркибидаги ионлар концентрацияси аниқланади. Сўнгра 1 л тўйинган эритма таркибидаги чўктирувчи модданинг грамм миқдори ва ювувчи суюқлик таркибидаги миқдори ҳисобланади.

### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала.  $BaSO_4$  нинг 0,2 г чўкмаси 1 л сув ва 0,5 мл 4 н  $H_2SO_4$  дан тайёрланган эритманинг 150 миллилитри билан ювилди. Чўкманинг неча проценти эритмага ўтди?

Е ч и ш. Ювувчи суюқлик таркибидаги  $H_2SO_4$  концентрацияси 4 н = 2 М. 1 л сувга 0,5 мл шу эритмадан қўшилса,  $H_2SO_4$  нинг концентрацияси қуйидагича камаяди:

$$\frac{1000}{0,5} = 2000 \text{ марта ёки } [H_2SO_4] = [SO_4^{2-}] = \frac{2 \cdot 0,5}{1000} = 0,001 = 10^{-3} M$$

Эрувчанлик кўпайтмаси қондасига асосан, тўйинган эритмадан  $Ba^{2+}$  ионлари концентрацияси ва унга тенг бўлган  $BaSO_4$  концен-трацияси топилса, яъни:

$$EK_{BaSO_4} = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4] = 1 \cdot 10^{-10}$$

$Ba^{2+}$  ни  $x$  билан белгилаб,  $[SO_4^{2-}]$  нинг қиймати қўйилса, у ҳолда:

$$x \cdot [SO_4^{2-}] = 1 \cdot 10^{-10} \text{ ёки } x \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-10}$$

Бундан  $x = 10^{-7} M$ , яъни  $[Ba^{++}] = 10^{-7} M = [BaSO_4]$  1 л эритмада ҳам худди шунча моль  $BaSO_4$  бор.

$BaSO_4$  нинг 150 мл тўйинган эритмасидаги процент

$$a\% = \frac{1 \cdot 10^{-7} \cdot 233 \cdot 150 \cdot 100}{1000 \cdot 0,2} = 1,75 \cdot 10^{-3} = 0,002\%$$

Демак, чўкманинг 0,002% и эритмага ўтади.

2- масала. 20 мл 0,1 М  $CaCl_2$  эритмасига эквивалент миқдорда 0,1 М  $(NH_4)_2C_2O_4$  қўшилди. Ҳосил бўлган чўкма  $CaC_2O_4 \cdot H_2O$  ни қўлган (эриган) қисмини (г ва % ларда) ҳисобланг.

Е ч и ш. Ҳосил бўлган чўкманинг массаси:

$$m = \frac{0,1 \cdot 20}{1000} \cdot 146,12 = 0,2922 \text{ г } CaC_2O_4 \cdot H_2O$$

Эквивалент миқдорда чўктирувчи қўшилганда, эритма  $20 + 20 = 40$  мл бўлади.

$EK_{CaC_2O_4} = 2,3 \cdot 10^{-9}$  эканлигини ҳисобга олиб,  $[Ca^{2+}] = x$  М билан белгиланса, у ҳолда  $[Ca^{2+}] \cdot [C_2O_4^{2-}] = x^2 = 2,3 \cdot 10^{-9}$  ёки

$$x = \sqrt{2,3 \cdot 10^{-9}} = 4,80 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л.}$$

Демак,  $CaC_2O_4 \cdot H_2O$  нинг эрувчанлиги ҳисобига 4,80 чўкма эритмага ўтади.

40 мл эритмада  $CaC_2O_4 \cdot H_2O$  нинг грамм миқдори:

$$\frac{4,80 \cdot 10^{-5} \cdot 146,12 \cdot 40}{1000} = 2,806 \cdot 10^{-4} \text{ г } \text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$$

Эриш натижасида йўқолган модданинг процент миқдори:

$$\frac{2,806 \cdot 10^{-4} \cdot 100}{0,2922} = 0,096 \text{ ёки } \approx 0,1\%$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

269.  $\text{PbSO}_4$  га 20 мл 0,1 М  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  эритмасидан қўшилди. Эриш туфайли йўқолган чўкма миқдорини (г ва % ларда) ҳисобланг.

270.  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  500 мл дистилланган сув билан ювилди. Чўкманинг массаси неча грамм камайди?

271. 0,1 г  $\text{BaSO}_4$  250 мл тоза сув билан ювилса, чўкманинг неча проценти эритмага ўтади?

272. Тошкўмир таркибидаги S 2% ни ташкил этади. 1,5 г намунадан олинган  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси 150 мл тоза сув билан ювилгандаги нисбий хатони ҳисобланг.

273.  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  чўкмасини 100 мл ҳажмдаги 2,13 г  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  нинг 750 мл сувда эритилишидан ҳосил бўлган эритмаси билан ювилганда неча грамм чўкма эритмага ўтади?

274. 0,1 г  $\text{BaSO}_4$  ни 250 мл ювувчи суюқлик билан ювилганда чўкманинг эриши 0,01% дан ошмаслиги учун 1 литр сувга неча мл 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  қўшиш керак?

275.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ни 1,5% ли 300 мл  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  эритмаси билан ювилганда, чўкманинг эриши туфайли неча грамм кальций йўқолади?

276. 0,05 г  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  чўкмаси ювилганда йўқоладиган чўкма миқдори 0,5% дан ошмаслиги учун неча мл сув керак?

277. Йўқоладиган  $\text{MgO}$  миқдори 0,0001 г дан ошмаслиги учун  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  чўкмасини ювиш учун ишла-тиладиган суюқликнинг 150 мл да неча мл 25% ли  $\text{NH}_3$  эритмасидан бўлиши керак?

278. 0,1 г  $\text{Al}_2\text{O}_3$  дан олинган  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ни 300 мл сув билан ювиш натижасида чўкманинг йўқолган қисмини процентларда ҳисобланг.

**Анализ натижаларини ҳисоблаш.** Гравиметрик аниқлаш усулларини уч гурппага бўлиш мумкин: ажратиш, чўктириш ва ҳайдаш. Шу усулларнинг ҳар бири учун анализ натижаларини ҳисоблаш ўзига хос харак-терга эга. Шунинг учун ҳар бир усул натижаларини ҳисоблашга алоҳида тўхталиб ўтамиз.

Чўктириш методи бўйича анализ натижа-

ларини ҳисоблаш. Аниқланадиган модда миқдорини грамм ёки % ларда ифодалаш мумкин. Аниқланадиган модда миқдори граммлар ҳисобида қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$g_A = a_{A_1} \cdot F_B \quad (7.4)$$

бунда  $a_{A_1}$  — аниқланадиган модда намунасининг массаси, г;  $F_B$  — аналитик кўпайтувчи (ёки қайта ҳисоблаш фактори),  $F_B$  қуйидаги нисбатга тенг:

$$F_B = \frac{m \cdot M_A}{n \cdot M_{A_1}} \quad (7.5)$$

бунда:  $M_A$  — аниқланадиган модданинг молекуляр массаси;  $M_{A_1}$  — аниқланадиган модданинг тортиладиган намунасини молекуляр массаси;  $m, n$  — коэффициентлар.

Аниқланадиган модданинг процент миқдорини аниқлаш учун қуйидаги умумий формуладан фойдаланилади:

$$x = a_{A_1} \cdot F_B \cdot \frac{100}{a} \% \quad (7.6)$$

бунда  $a$  — аниқланадиган модда миқдори, г;  $a_{A_1}$  — аниқланадиган модда тортиладиган намунасининг массаси, г;  $F_B$  — аналитик кўпайтувчи (фактор).

Ажратиш усули бўйича анализ натижаларини ҳисоблаш. Бу усулда соф ҳолатда ажратиб олинган аниқланадиган модданинг процент миқдори қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$x = a_{A_1} \cdot \frac{100}{a} \% \quad (7.7)$$

Ҳайдаш усули бўйича анализ натижаларини ҳисоблаш. Ҳайдаш усули билан аниқланадиган модда миқдорини икки хил (бевосита ва билвосита) йўл билан аниқлаш мумкин.

Аниқланадиган модданинг процент миқдори бевосита усулда қуйидаги формула билан аниқланади:

$$x = a_{A_1} \cdot \frac{100}{a} \% \quad (7.8)$$

бунда  $a_{A_1}$  — аниқланадиган модданинг тортиладиган намунаси массаси, г;  $a$  — аниқланадиган модда миқдори, г.

Билвосита усулда эса модданинг процент миқдори қуйидагича аниқланади:

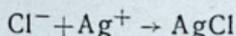
$$x = (a - a_1) \cdot \frac{100}{a} \% \quad (7.9)$$

бунда  $a$  — аниқланадиган модда миқдори, г;  $a_1$  — анализга олинган модданинг қиздирилгандан ёки қурилгандан кейинги массаси, г.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.** КСl эритмасидан хлор AgCl ҳолида чўктирилди. Қурилгандан сўнг унинг массаси 0,1562 г га тенг бўлди. Реакция тенгламасини ёзинг ва Cl<sup>-</sup> нинг миқдорини ҳисобланг.

Ечиш. Реакция тенгламаси:



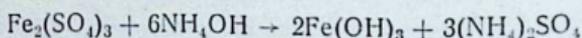
(7.4) тенгламага асосан:

$$g_{\text{A}} = a_{\text{A}_1} \cdot \frac{m \text{ M}_{\text{A}}}{n \text{ M}_{\text{A}_1}} = 0,1562 \frac{A_{\text{Cl}^-}}{M_{\text{AgCl}}} = 0,0386 \text{ г Cl}^-$$

**2-масала.** Темир (III)-сульфат эритмасига аммиак таъсир эттириб, Fe(OH)<sub>3</sub> ҳолида чўктирилди ва чўкма қиздирилди. Қиздиришдан сўнг Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> нинг массаси 0,3288 г га тенг бўлди.

Реакция тенгламасини ёзинг ва эритмадаги а) Fe<sup>3+</sup> ва б) Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> миқдорларини ҳисобланг.

Ечиш. Реакция тенгламаси:



$$\text{а) } g_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{0,3288 \cdot 2A_{\text{Fe}^{3+}}}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = 0,2300 \text{ г}$$

$$\text{б) } g_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{0,3288 \cdot M_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3}}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = 0,8233 \text{ г}$$

**4-масала.** Мис, қалай ва рухдан иборат бўлган 0,8325 г латунни анализ қилиш натижасида 0,6728 г CuSCN ва 0,0423 г SnO<sub>2</sub> олинди.

Анализ қилинадиган латуннинг процент таркибини ҳисобланг. Ечиш. Мис миқдори:

$$x_{\text{Cu}} = \frac{0,6728 \cdot A_{\text{Cu}} \cdot 100}{M_{\text{CuSCN}} \cdot 0,8325} = 42,23\%$$

Қалай миқдори:

$$x_{\text{Sn}} = \frac{0,0423 \cdot A_{\text{Sn}} \cdot 100}{M_{\text{SnO}_2} \cdot 0,8325} = 4\%$$

Латундаги рух миқдори эса; 100% — (42,23% + 4%) = 53,77% га тенг.

**5-масала.** MgCO<sub>3</sub> билан BaCO<sub>3</sub> лар аралашмасида 43,97% миқдорда тоза CO<sub>2</sub> борлиги аниқланган. Аралашма таркибидаги ҳар бир компонентнинг процент миқдорини ҳисобланг.

Ечиш. Фараз қилайлик, шу аралашмада  $a\%$  MgCO<sub>3</sub> ва  $b\%$  BaCO<sub>3</sub> бор.

Бундан:

$$a + b = 100$$

Ҳар бир тоза модда таркибидаги  $\text{CO}_2$  миқдорини аниқлаймиз:

$$\text{MgCO}_3 \text{ да } M_{\text{Mg}} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot 100}{M_{\text{MgCO}_3}} = \frac{44 \cdot 100}{84} = 52,19\%$$

$$\text{BaCO}_3 \text{ да } M_{\text{Mg}} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot 100}{M_{\text{BaCO}_3}} = \frac{44 \cdot 100}{197} = 22,30\%$$

Энди  $\text{CO}_2$  нинг процент миқдори топилса:

$$\text{MgCO}_3 \text{ да } \frac{a \cdot 52,19}{100} \%, \quad \text{BaCO}_3 \text{ да } \frac{b \cdot 22,30}{100} \% \quad \text{бўлади.}$$

Масала шартига кўра аралашмадаги  $\text{CO}_2$  нинг умумий миқдори:

$$\frac{a \cdot 52,19}{100} + \frac{b \cdot 22,30}{100} = 43,97\%$$

ёки

$$0,5219 \cdot a + 0,2230 \cdot b = 43,97\%.$$

Шундай қилиб, икки номаълумли икки тенглама системаси ҳосил бўлди. Бу тенгламалар ечилса:

$$a = 72,50\% \quad \text{ва} \quad b = 27,50\%$$

Демак, аралашма таркибида 72,50%  $\text{MgCO}_3$  ва 27,50%  $\text{BaCO}_3$  бор экан.

**6-масала.** 0,18019 г  $\text{NaCl}$  ва  $\text{NaBr}$  аралашмаси  $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан ишлангандан сўнг 0,3715 г чўкма олинди. Аралашма таркибидаги  $\text{NaCl}$  ва  $\text{NaBr}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

Ечиш. Аралашма таркибидаги  $\text{NaCl}$  ва  $\text{NaBr}$  нинг миқдорини  $x$  ва  $y$  деб белгиланса, у ҳолда:

$$x + y = 0,1809$$

Чўктириш пайтида  $\text{NaCl}$  нинг ҳар бир молекуласи бир молекула  $\text{AgCl}$  ни ва  $\text{NaBr}$  ники  $\text{AgBr}$  ҳосил қилади. Демак,  $\text{NaCl}$  дан:

$$\frac{x \cdot M_{\text{AgCl}}}{M_{\text{NaCl}}} = \frac{x \cdot 143,32}{58,44} = 2,4524 \cdot x \text{ г } \text{AgCl}$$

ҳосил бўлади.

$\text{NaBr}$  дан эса:

$$\frac{y \cdot M_{\text{AgBr}}}{M_{\text{NaBr}}} = \frac{y \cdot 187,78}{102,90} = 1,8249 \text{ у } \text{AgBr}$$

ҳосил бўлади.

Шу натижаларга асосан иккинчи тенглама тузилади:

$$2,4524 \cdot x + 1,8249 \cdot y = 0,3715$$

Тенгламалар системаси ечилса:

$$x = 0,0660 \text{ г} \quad \text{ва} \quad y = 0,1149 \text{ г}$$

ёқанлиги топилади.

Компонентларнинг процент миқдори:

$$\frac{0,0660 \cdot 100}{0,1809} = 36,48\% \text{ NaCl}; \quad \frac{0,1149 \cdot 100}{0,1809} = 63,52\% \text{ NaBr.}$$

7-масала. Кальцийни  $\text{CaSO}_4$  ҳолатда аниқлаш учун зарур бўлган силикат минерали таркибида 5%  $\text{CaO}$  ёр. Агар ҳосил бўлган  $\text{CaSO}_4$  чўкмаси массаси 0,3 г бўлса, анализ учун қанча силикат минерали олинганлигини ҳисобланг.

Ечиш. Агар  $M_{\text{CaO}}$  — аниқланадиган модданинг молекуляр массаси ва  $M_{\text{CaSO}_4}$  — тортиладиган намунанинг молекуляр массаси бўлса:

$$M_{\text{CaO}} \text{ дан } M_{\text{CaSO}_4} \text{ г} \\ x \text{ — } g$$

тортиладиган форма ҳосил бўлади.  
Бундан

$$x = \frac{M_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaSO}_4}} \cdot g$$

Анализ қилинадиган модда таркибида  $\text{CaO}$  нинг тахминий массасини (% да) билган ҳолда, аналитик ҳисоблаш учун керакли  $a$  ни ҳисоблаш мумкин:

$$a = \frac{x \cdot 100}{g} = \frac{M_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaSO}_4}} \cdot \frac{100}{g} \cdot g = F \cdot g \cdot \frac{100}{g}$$

Қайта ҳисоблаш фактори:

$$F = \frac{M_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaSO}_4}} = \frac{56,68}{136,14} = 0,4119.$$

Анализ учун олинган силикат миқдори:

$$a = 0,4119 \cdot 0,3 \cdot \frac{100}{5} = 2,5 \text{ г}$$

9-масала. 2,6248 г тошкўмир бўлагига қайта ишлов бериб 0,3248 г  $\text{BaSO}_4$  (чўкма) олинди. Тошкўмир таркибидаги S нинг процент миқдорини абсолют қуруқ моддага нисбатан намлиги 2,58% эканлигини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг.

Ечиш. Агар  $A_S$  — олтингургуртнинг атом массаси ва  $M_{\text{BaSO}_4}$  — тортиладиган намунанинг молекуляр массаси бўлса, у ҳолда

$$A_S \text{ дан } M_{\text{BaSO}_4} \text{ г} \quad \left| \quad x = g \cdot \frac{A_S}{M_{\text{BaSO}_4}} = g \cdot F$$

Агар  $a$  г намунада  $x$  г S бўлса, унда  $g$  г намунадаги процент миқдори:

$$g = \frac{x}{a} \cdot 100 = r \cdot g \cdot \frac{100}{a}$$

яъни

$$g = \frac{32,064}{233,40} \cdot 0,3248 \cdot \frac{100}{2,6248} = 1,70\%$$

Бу S нинг нам материалдаги процент миқдори. Абсолют қуруқ моддадаги S'нинг процент миқдори:

$$s' = \frac{s \cdot 100}{100 - C} = \frac{1,70 \cdot 100}{100 - 2,58} = 1,75\%$$

бунда C — аниқланадиган материал намлигининг процент миқдори. Демак, қуруқ тошқўмир таркибида 1,75% S бор экан.

### *Мустақил ечиш учун масалалар*

279.  $\text{SO}_4^{2-}$  миқдорини аниқлашда,  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси қиздирилгандан сўнг унинг массаси 0,2 г дан ошмаслиги учун 30% ли  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ва 70% ли  $\text{K}_2\text{SO}_4$  аралашмасидан қанча миқдордан олиш керак?

280. Хлорни  $\text{AgCl}$  ҳолида аниқлашда чўкма миқдори 0,4—0,6 г бўлиши учун, таркибида 30% хлор бўлган моддадан қанча миқдорда олиш керак?

281. Цемент намунаси таркибида 10% Ca ва 20% Mg бор. Уларни чўктиришдан аввал 200 мг  $\text{Ca}^{2+}$  ва 100 мг  $\text{Mg}^{2+}$  нинг эритмада қолиши учун цемент намунасидан қанча миқдорда олиш керак?

282. Алюминий  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ҳолида чўктирилиб аниқланади. Чўктиришдан олдин эритмада алюминий миқдори 0,05 г бўлиши учун  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  дан қанча миқдорда олиш керак?

283.  $\text{CaCl}_2$  эритмасидан кальцийни чўктириш учун 4% ли  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  эритмасидан қанча ҳажмда олиш керак?

284. Эритма таркибида 0,55 г тоза  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  бор. Барийни  $\text{BaSO}_4$  ҳолида тўлиқ чўктириш учун солиштирма массаси 1,060 бўлган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дан неча мл керак?

285.  $\text{FeCO}_3$  нинг 1,5200 г намунаси эритилиб, оксидлантириб ва қиздирилгандан сўнг 1 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  олинди. Намуна таркибидаги Fe ва FeO нинг процент миқдорларини ҳисобланг.

286. Оҳақтош анализ қилинганда қуйидаги натижалар олинди: намуна солинган соат ойнасининг массаси 9,3310 г; ойнанинг моддасиз массаси 8,6436 г; бўш тигель массаси 5,8140 г; тигелнинг қиздирилган чўкма ( $\text{CaO}$ ) билан массаси 6,1192 г. Намуна таркибидаги  $\text{CaCO}_3$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

287. 1,8710 г мрамар намунасидан қуйидаги чўкмалар олинди: 0,0827 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , 0,0342 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ва 1,9650 г  $\text{CaSO}_4$ . Намуна таркибидаги: а) Mg; б) Ca; в) Fe ларнинг процент миқдорини ҳисобланг.

288. Магнетит намунасидан 0,2164 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  чўкмаси олинди. Намунада неча грамм магний бор?

289. Темир (II) тузидан 0,1652 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  олинди. Намунада неча грамм: а) Fe;  $\text{FeSO}_4$ ; в)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  бор?

290. Рух тузи намунасидан 0,2587 г  $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$  чўкмаси ҳосил қилинди. Чўкма: а) Zn; б) ZnO ва в)  $\text{ZnSO}_4$  ларнинг қанча миқдорига тўғри келади?

291. Химиявий тоза  $\text{CaCO}_3$  ўзгармас массагача қиздирилди ва 0,1124 г чўкма олинди. Бунда неча грамм  $\text{CO}_2$  ажралган?

292. Химиявий тоза  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  дан 0,1820 г  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси олинди. Шу туздан неча грамм AgCl олиш мумкин?

293. Қотишма таркибидаги мисни аниқлаш учун намунадан 0,2152 г олиниб, ундан электролиз усули билан 0,0898 г тоза мис ажратиб олинди. Қотишма таркибидаги миснинг процент миқдорини аниқланг.

294. Қотишма таркибидаги олтин миқдорини аниқлаш учун унинг 0,1 г намунаси  $\text{HNO}_3$  да эритилди. Эримай қолган олтин ажратиб олинди, ювилди, қиздирилди ва тортилди. Унинг массаси 0,0724 г га тенг. Қотишма таркибидаги олтиннинг процент миқдорини ҳисобланг.

295. Техник рух сульфатнинг 1,1350 г намунасидан 0,5298 г  $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$  ва 0,9052 г  $\text{BaSO}_4$  (чўкма) олинди. Техник маҳсулот таркибидаги асосий компонент:  $\text{ZnSO}_4$  ва  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ларнинг процент миқдорини ҳисобланг.

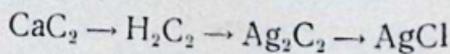
296. Умумий массаси 0,1225 г бўлган NaCl ва KCl аралашмасидан 0,2850 г AgCl чўкмаси олинди. Аралашма таркибидаги NaCl ва KCl нинг процент миқдорларини ҳисобланг.

297. Массаси 1,5 г бўлган силикат минералидан умумий массаси 0,1322 г бўлган NaCl ва KCl аралашмаси олинди. Шу аралашмадан 0,1022 г  $\text{KClO}_4$  чўктирилди. Силикат таркибидаги  $\text{Na}_2\text{O}$  ва  $\text{K}_2\text{O}$  ларнинг процент миқдорини ҳисобланг.

298. Химиявий тоза CaO ва BaO аралашмасидан 0,9151 г  $\text{CaSO}_4$  ва  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси олинди. Олинган намуна таркибидаги Ca, Ba ва CaO ларнинг процент миқдорини ҳисобланг.

299. Мишьякни аниқлаш учун у  $\text{As}_2\text{S}_3$  ҳолида чўктирилди, сўнгра  $\text{SO}_4^{2-}$  оксидланди ва BaCl<sub>2</sub> ёрдамида  $\text{SO}_4^{2-}$  чўктирилиб ( $\text{BaCO}_3$ ) тортилди. Қайта ҳисоблаш факторини ҳисобланг.

300.  $\text{CaC}_2$  нинг анализи қуйидаги схема бўйича бажарилади:



Қайта ҳисоблаш факторини ҳисобланг.

301. Кальцийни  $\text{CaO}$  ҳолида аниқлашда қайта ҳисоблаш фактори 0,7147 га тенг. Са ни  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ҳолида аниқлаш учун эса 0,2743 га тенг. Икки ҳол учун ҳам 1 г Са ни аниқлаш учун чўкмани тортишдаги нисбий хатони ҳисобланг.

## VIII боб. ТИТРИМЕТРИК (ҲАЖМИЙ) АНАЛИЗ

*Аниқланадиган модданинг берилган миқдори ва концентрацияси аниқ бўлган реактивнинг реакцияга киришувчи ҳажмини ўлчашга асосланган (химиявий) миқдорий анализ методига титриметрик (ҳажмий) анализ деб аталади.*

Аниқланадиган А модда эритмасига оз-оздан концентрацияси аниқ бўлган В реактив (эритма) қўшилади. В реактивни А модда миқдorigа эквивалент бўлгунча қўшилади. Аниқланадиган модда миқдорига реактив миқдори эквивалент бўлган ҳолат *эквивалент нуқта* деб аталади.

Эквивалент нуқта махсус асбоблар ёки индикаторлар ёрдамида аниқланади. Индикатор рангининг ўзгариш ҳолатига *титрлашнинг охири нуқтаси* дейилади.

Аниқланадиган модда эритмасига унга тенг миқдорда секинлик билан аниқ концентрацияли реактивдан қўшиш процессига *титрлаш* дейилади. 1 мл эритмада эриган модданинг граммлар ҳисобидаги миқдорига „*титр*“ деб аталади.

Концентрацияси аниқ бўлган эритмага *титрланган стандарт* иш *эритмаси* ёки *титрант* деб аталади. Стандарт эритманинг концентрацияси одатда граммнинг миллилитрга нисбати (г/мл) ёки нормаллик бирлигида ифодаланади.

Титриметрик анализ методлари. Анализ қилинадиган модда миқдорини аниқлашда ишлатиладиган асосий реакцияларнинг характерига қараб, титриметрик анализ методларини қуйидаги группаларга бўлиш мумкин: 1) нейтраллаш ёки кислота-асосли титрлаш; 2) оксидланиш-қайтарилиш методлари; 3) чўктириш ва комплекслас ҳосил қилиш методлари.

1-§. Титриметрик анализдаги ҳисоблашлар. Титриметрик анализдаги ҳисоблашлар, худди гравиметрик метод каби эквивалентлар қонунига асосланган бўлиб, бунда ҳисоблашга таъсир этувчи эритмаларнинг концентрацияси ва ҳажми киритилади. Титриметрик методда концентрация фақат бир литрдаги грамм-эквивалент сони (нормал-

лик) билан, ҳажм эса литр ёки миллилитрларда ифодаланadi.

Грамм-эквивалент (г-экв) ҳақида тушунча. Модданинг граммларда ифодаланган миқдорининг берилган реакцияда 1,008 масса қисм водородга (1 грамм-атом водородга) ёки 8 масса қисм кислородга ( $\frac{1}{2}$  грамм-атом кислородга) тўғри келиши (эквивалент) грамм-эквивалент (Э) деб аталади. Моддаларнинг грамм-эквиваленти қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\text{Э} = \frac{M}{n} \quad (8.1)$$

бунда:  $M$  — модданинг молекуляр массаси;  $n$  — реакцияларда иштирок этувчи ионлар (водород ёки гидроксил ионлари) сони.

Масалан, нейтралланиш реакцияларида:

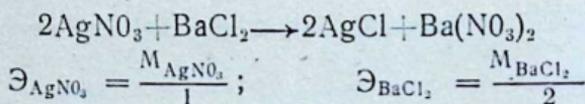
$$\text{Э}_{\text{NaOH}} = \frac{M_{\text{NaOH}}}{1}; \quad \text{Э}_{\text{Ba(OH)}_2} = \frac{M_{\text{Ba(OH)}_2}}{2};$$

$$\text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{2}; \quad \text{Э}_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{M_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{1}$$

Алмашиниш реакцияларида:

$n$  — реакцияда алмашувчи ионлар заряди сони.

Масалан,



Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларида:

$n$  — реакцияда қайтарувчи берган ва оксидловчи қабул қилган электронлар сони.

Масалан,

$$\text{ишқорий муҳитда } \text{Э}_{\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{3}$$

$$\text{кислотали муҳитда } \text{Э}_{\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{5}$$

Эритмалар концентрацияси ва уларни ифодалаш усуллари. Эритмалар концентрациясини ифодалашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

1. Процент концентрация — 100 г эритмада эритган модда миқдорига *процент (С%) концентрация*

дейлади. Модданинг % концентрацияси қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$C\% = \frac{m}{m + m_1} \cdot 100 = \frac{m}{P} \cdot 100 \quad (8.2)$$

бунда:  $m$  — эриган модда миқдори, г;  $m_1$  — эритувчи миқдори, г;  $P$  — эритма массаси,  $m + m_1$  га тенг, г.

2. Моляр концентрация. 1 л эритмада эриган модда миқдорининг г-моль сони билан ифодаланишига *моляр концентрация* дейилади. У қуйидагича ҳисобланади:

$$C_m = \frac{m}{M \cdot V} \cdot 1000 \quad (8.3)$$

бунда:  $m$  — эриган модда миқдори, г;  $M$  — эриган модда молекуляр массаси, г-моль;  $V$  — эритма ҳажми, мл да.

3. Нормал концентрация. 1 л эритмадаги эриган модда миқдорининг грамм-эквивалентда ифодаланишига *нормал концентрация* ( $C_n$ ) дейилади. Айрим ҳолларда  $C_n$  билан белгиланиб, у қуйидагича ҳисобланади:

$$C_n = N = \frac{m}{\mathcal{E} \cdot V} \cdot 1000 \quad (8.4)$$

бунда:  $C_n$  ёки  $N$  — нормал концентрация;  $\mathcal{E}$  — эриган модданинг грам-эквиваленти;  $V$  — эритма ҳажми, мл.

4. 1 мл эритма таркибидаги эриган модданинг граммларда ифодаланган миқдори *эритма титри* ( $T$ ) деб аталади, яъни:

$$T = \frac{m}{V} = \frac{N \cdot \mathcal{E}}{1000} \text{ г/мл} \quad (8.5)$$

(8.5) формуладан фойдаланиб нормаллик қуйидагича ҳисобланади:

$$N = \frac{T \cdot 1000}{\mathcal{E}} = \frac{m \cdot 1000}{\mathcal{E} \cdot V} \quad (8.6)$$

Нормалликдан титрга ўтиш эса,

$$T = \frac{N \cdot \mathcal{E}}{1000} \text{ г/мл} \quad (8.7)$$

бунда:  $N$  — эритманинг нормаллиги;  $m$  — модда миқдори, г;  $V$  — эритма ҳажми, мл;  $T$  — эритма титри, г/мл;  $\mathcal{E}$  — эриган модда, г-экв.

Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. 250 мл сувда 25 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритилган, Эритманинг процент концентрациясини топинг.

Ечиш.  $m = 25$  г, ( $m_1 = d \cdot V$ );  $V$ —ҳажм,  $d$  — эритувчининг зичлиги ( $\text{г/см}^3$ ). Сув учун  $d = 1,0$  га тенг. Шунинг учун  $m_1 = 250 \cdot 1 = 250$  г ва  $P = 25 + 250 = 275$  г.  $m$  ва  $m_1$  ларнинг қийматларини (8.2) тенгламага қўйсак

$$C\% = \frac{25}{25 + 250} \cdot 100 = \frac{2500}{275} = 9,09\%$$

Демак,  $C\% = 9,09\%$ .

2- масала. 400 г 12% ли шакар эритмасини тайёрлаш учун қанча шакар ва қанча сув олиш керак?

$$C\% = \frac{m}{P} \cdot 100$$

Формулага тегишли қийматлар қўйилса:

$$12 = \frac{m}{400} \cdot 100, \text{ бундан } m = \frac{400 \cdot 12}{100} = 48 \text{ г (шакар)}$$

$$400 - 48 = 352 \text{ г (сув).}$$

Демак, 48 г шакар ва 352 г сув олиш керак.

3- масала. 24 г  $\text{NaOH}$  сувда эритилиб, 400 мл эритма тайёрланди, эритманинг моляр концентрациясини ҳисобланг.

Ечиш. 1- усул. 1 л эритмадаги  $\text{NaOH}$  миқдори топилади:

400 мл эритмада 24 г  $\text{NaOH}$  бўлса,

1000 мл —" —  $x$  г —" — бўлади.

$$x = \frac{1000 \cdot 24}{400} = 60 \text{ г}$$

1 г-моль  $\text{NaOH}$  40 г,

60 г  $\text{NaOH}$  эса  $\frac{60}{40} = 1,5$  моль бўлади. Демак, эритма концентрацияси 1,5 М.

2- усул. (8.3) формуладан фойдаланиб:

$$C_M = \frac{m \cdot 1000}{\text{Э} \cdot V} = \frac{24 \cdot 1000}{40 \cdot 400} = 1,5 \text{ М}$$

4- масала. 500 мл 0,2 М эритма тайёрлаш учун зичлиги 1,84 бўлган 96% ли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан қанча олиш керак?

Ечиш. 1- усул. 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98 г, 0,2 М эса  $98 \cdot 0,2 = 19,6$  г. 1000 мл эритмада 19,6 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  борлигини ҳисобга олинса, у ҳолда 500 мл эритмада  $19,6 : 2 = 9,8$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бўлади.

$\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмаси 96% ли бўлганлиги учун

100 г эритмада 9,8 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бўлади,

$x$  г —" — 9,8 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бўлади,

$$\text{бундан } x = \frac{100 \cdot 9,8}{96} = 10,2 \text{ г.}$$

$P = dV$  формуладан фойдаланиб, эритманинг ҳажми аниқланади:

$$V = \frac{P}{d} = \frac{10,2}{1,84} = 5,55 \text{ мл}$$

2- усул. (8.3) тенгламадан фойдаланиб

$$m = \frac{C_M \cdot M \cdot V}{1000} = \frac{0,2 \cdot 98 \cdot 500}{1000} = 9,8 \text{ г}$$

(8.2) тенгламага асосан:

$$C\% = \frac{100 \cdot m}{d \cdot V}$$

бундан

$$V = \frac{100 m}{d \cdot C\%} = \frac{100 \cdot 9,8}{1,84 \cdot 96} = 5,55 \text{ мм.}$$

Демак, 5,55 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $d = 1,84$ ) керак.

5- масала. 300 мл сувда 25 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  эритилганда  $d = 1,08$  га тенг бўлган эритма ҳосил бўлади. 1 л эритмада неча г-моль  $\text{CaCl}_2$  бўлади?

Ечиш.  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  нинг 1 г-моли 219 г.

а) ҳосил бўлган эритмадаги  $\text{CaCl}_2$  миқдори топилади. Бунинг учун 25 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  таркибидаги  $\text{CaCl}_2$  миқдори ҳисобланиши керак, яъни:

219 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  таркибида 111 г  $\text{CaCl}_2$  бўлса,

25 г  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  —" —  $x$  г  $\text{CaCl}_2$  бор.

бундан

$$x = \frac{25 \cdot 111}{219} = 12,7 \text{ г}$$

б) масала шартига кўра, эритма массаси  $300 + 25 = 325$  г эканлигини билган ҳолда эритманинг процент концентрацияси топилади:

$$\frac{325 - 100\%}{12,7 - x\%} \quad \text{бундан, } x = \frac{100 \cdot 12,7}{325} = 3,9\%$$

в) 1 л эритманинг массаси топилади:

$$P = d \cdot V = 1000 \cdot 1,08 = 1080 \text{ г.}$$

г) 1 л эритмадаги  $\text{CaCl}_2$  миқдори топилади:

100 г эритмада 3,9 г  $\text{CaCl}_2$  бўлса,  
1080 г —" —  $x$  г  $\text{CaCl}_2$  бўлади.

бундан

$$x = \frac{1080 \cdot 3,9}{100} = 42,12 \text{ г.}$$

д) 42,12 г  $\text{CaCl}_2$  неча  $M$  эканлиги ҳисобланади:

$$\frac{42,12}{111} = 0,38 M;$$

Демак,  $C_{CaCl_2} = 0.38 M$

6- масала. 4 л 0,2 н эритма тайёрлаш учун  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  дан неча грамм олиш керак?

Ечиш. 1- усул.  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$   $M = 286$  г. Бундан 1 г-эquiv =  $\frac{286}{2} = 143$  г. 0,2 г-эquiv  $143 \cdot 0,2 = 28,6$  г. Демак, 1 л 0,2 н эритма тайёрлаш учун 28,6  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  олиш керак. 4 л эритма тайёрлаш учун эса  $28,6 \cdot 4 = 114,4$  г олиш керак.

2- усул. (8.6) тенгламадан фойдаланиб ечилади:

$$N = \frac{m}{\Xi \cdot V} \cdot 1000$$

бундан

$$m = \frac{\Xi \cdot V \cdot N}{1000} = \frac{0,2 \cdot 143 \cdot 4000}{1000} = 114,4 \text{ г } Na_2CO_3 \cdot 10H_2O.$$

Демак, 114,4 г  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  керак.

7- масала. Таркибида 32,66 г  $H_3PO_4$  бўлган 250 мл эритманинг нормаллигини ҳисобланг.

Ечиш.  $H_3PO_4$  нинг г-эquiv сон:

$$n = \frac{m}{\Xi_{H_3PO_4}} = \frac{32,66}{32,66} = 1$$

Махраждаги 32,66 — ортофосфат кислотанинг грамм-эквиваленти.  $n$  ва  $V$  (250 мл) нинг қийматлари (8.6) тенгламага қўйилса, у ҳолда:

$$N = \frac{m \cdot 1000}{\Xi_{H_3PO_4} \cdot V} = \frac{32,66 \cdot 1000}{32,66 \cdot 250} = 4N$$

Демак,  $H_3PO_4$  нинг нормал концентрацияси 4.

8- масала. 0,2 н нитрат кислота эритмасининг титрини ҳисобланг.

Ечиш. (8.7) тенгламага асосан:

$$T = \frac{N \cdot \Xi}{1000} = \frac{0,2 \cdot 63}{1000} = 0,0126 \text{ г/мл}$$

63 — нитрат кислотанинг грам-эквиваленти.

9- масала. 1 M  $H_2SO_4$  ва 4 н  $H_3PO_4$  эритмаларининг титрини ҳисобланг.

Ечиш.  $H_2SO_4$  ва  $H_3PO_4$  учун  $m$  ва  $V$  қийматлари (8.5) тенгламага қўйилса, у ҳолда:

$$T_{H_2SO_4} = \frac{m}{V} = \frac{49,04}{500} = \frac{1 \cdot 98,08}{1000} = 0,09808 \text{ г/мл}$$

$$T_{H_3PO_4} = \frac{m}{V} = \frac{32,66}{250} = \frac{4 \cdot 32,66}{1000} = 0,13064 \text{ г/мл}$$

*Мустақил ечиш учун масалалар*

302. 120 г 20% ли эритмага 80 г сув қўшилди, ҳосил бўлган эритманинг процент концентрациясини ҳисобланг.

303. 2 кг 12% ли  $\text{CuSO}_4$  эритмасини тайёрлаш учун қанча  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  олиш керак?

304. 500 мл сувда (н. ш. да ўлчанган) 15 л  $\text{HCl}$  эритилди. Ҳосил бўлган эритманинг процент концентрациясини аниқланг.

305. 6 г туз эритмаси буғлатилганда 0,2 г туз қолди. Эритма таркибида неча процент туз бўлган?

306. 20% ли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  кислота эритмасини ҳосил қилиш учун 300 г сувга неча грамм 50% ли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  кислота эритмасидан қўшиш керак?

307. Таркибида 50%  $\text{HNO}_3$  ва зичлиги  $1,310 \text{ г/см}^3$  га тенг бўлган 1 л  $\text{HNO}_3$  га 690 мл сув қўшиб суюлтирилди. Ҳосил бўлган эритмадаги кислотанинг процент концентрациясини аниқланг.

308. 0,2  $M$  500 мл эритма тайёрлаш учун  $d = 1,190 \text{ г/см}^3$  га тенг бўлган 37% ли хлорид кислота эритмасидан қанча олиш керак?

309. Сульфат кислотанинг 150 мл 2  $M$  ва 320 мл 4  $M$  эритмалари аралаштирилишидан ҳосил бўлган эритманинг моляр концентрациясини ҳисобланг.

310. 250 мл 0,1 н эритма тайёрлаш учун  $d = 1,307 \text{ г/см}^3$  бўлган 40% ли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан қанча олиш керак?

311.  $\text{NaOH}$  нинг 0,5 н эритмасидан 900 мл тайёрлаш учун таркибида 10% сув бўлган ўювчи натрийдан неча грамм керак?

312.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 3,58  $M$  эритмаси таркибида 29%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бор. Кислотанинг зичлигини топинг.

313. 12,2  $M$   $\text{HNO}_3$  эритмасининг ( $d = 1,35 \text{ г/см}^3$ ) процент концентрациясини ҳисобланг?

314.  $d = 1,825 \text{ г/см}^3$  га тенг бўлган 91%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасининг нормаллигини ва молярлигини аниқланг.

315. 2,500 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  дан 500 мл эритма тайёрланди. Эритманинг: а) нормаллиги; б) молярлиги; в) титрини ҳисобланг.

316. Титри 0,005122 га тенг бўлган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасининг нормаллиги ва молярлигини ҳисоблаб топинг.

## 2- §. Титриметрик анализдаги ҳисоблаш усуллари.

Титриметрик анализда аниқланадиган модда миқдори ёки унинг концентрацияси қуйидаги усуллар билан ҳисобланади:

1. Стандарт (титрланган) эритманинг нормаллиги ( $N_c$ ) бўйича.

2. Стандарт эритманинг титри ( $T_c$ ) ёки аниқланадиган модданинг титри ( $T_{Ac}$ ) бўйича.

3. Тузатма коэффициенти ( $K$ ) бўйича.

Шу усулларнинг ҳар бирини алоҳида-алоҳида кўриб чиқамиз.

Аниқланадиган модда миқдорини стандарт (титрланган) эритманинг нормаллиги бўйича ҳисоблаш. Бу усулда аниқланадиган модданинг миқдори граммларда қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$g_a = \frac{\mathcal{E}_A \cdot N_c \cdot V_c}{1000} \quad (8.8)$$

ёки процентларда

$$x = \frac{g_a \cdot 100}{m} = \frac{\mathcal{E}_A \cdot N_c \cdot V_c}{1000} \cdot \frac{100}{m} \quad (8.9)$$

Бунда  $g_A$  — аниқланадиган модда миқдори (массаси), г;  
 $\mathcal{E}_A$  — аниқланадиган модданинг грамм-эквиваленти;  
 $N_c$  — стандарт эритманинг нормаллиги;  $V_c$  — стандарт эритманинг ҳажми, мл;  $m$  — аниқланадиган модда намунасининг миқдори, г.

Шундай қилиб, (8.8) ва (8.9) тенгламалар ёрдамида аниқланадиган модда миқдорини стандарт эритманинг нормаллиги ёрдамида грамм ёки процентларда ҳисоблаш мумкин.

Эритма концентрациясини аниқлашда ҳисоблашларни қуйидаги амалиётга асосланиб олиб бориш керак, яъни эквивалент нуқтада ўзаро таъсир этувчи эритмалар ҳажмларини (мл) уларнинг нормаллигига кўпайтмаси ўзаро тенгдир:

$$V_c \cdot N_c = V_A \cdot N_A \quad (8.10)$$

бунда  $V_A$  — аниқланаётган модда ҳажми, мл.

Бошқача қилиб айтганда, *эквивалент нуқтада ўзаро таъсир этган реактив ва аниқланадиган модда эритмалари ҳажмлари нисбати уларнинг нормалликлари нисбатига тесқари пропорционалдир:*

$$\frac{V_c}{V_A} = \frac{N_A}{N_c} \quad (8.11)$$

Бу қоида *пропорционаллик қондаси* деб аталади.

Агар  $A$  модданинг умумий миқдори ( $g_A$ ), титри ( $T_A$ ) ва ҳосил бўладиган эритманинг нормаллигини ( $N_A$ ) аниқлаш талаб қилинса, у ҳолда (8.11) тенгламадан аниқланадиган  $A$  модданинг нормаллиги

$$N_A = \frac{V_c \cdot N_c}{V_A} \quad (8.12)$$

1- § даги (8.6) тенгламага асосан нормаллиги  $N_A$  га тенг бўлган эритмадаги А модданинг титри қуйидагича ҳисобланади:

$$T_A = \frac{N_A \cdot \Theta_A}{1000} \text{ г/мл.} \quad (8.13)$$

Демак, аниқланадиган А модданинг  $V_k$  ҳажмидаги умумий миқдори ( $T_A \cdot V_k$  га тенг қисми) қуйидагича бўлади:

$$g_A = \frac{N_A \cdot \Theta_A}{1000} \cdot V_k \quad (8.14)$$

ёки

$$N_A = \frac{V_c \cdot N_c}{V_A} \quad (8.15)$$

бўлган учун

$$g_A = \frac{N_c \cdot V_c \cdot \Theta_A}{1000} \cdot \frac{V_k}{V_A}, \quad (8.16)$$

бунда:  $V_k$  — ўлчов колбасининг ҳажми, мл;  $V_A$  аниқланадиган А модда эритмасидан анализ учун олинган қисмининг ҳажми, мл.

Нормалликлари бир хил қиймат билан характерландиган эритмалар бир-бири билан тенг ҳажмда реакцияга киришади ёки бир-бири билан тенг ҳажмда реакцияга киришувчи эритмалар бир хил нормалликка эга бўлади, яъни  $N_c = N_A$  бўлса, у ҳолда  $V_c = V_A$  бўлади.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. 0,2298 г техник бура —  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  намунасини титрлаш учун 0,1060 н  $\text{HCl}$  эритмасидан 10,60 мл сарфланди. Шу намуна таркибидаги натрий тетраборатнинг процент миқдорини ҳисобланг.

Ечиш. Аввало, титрлаш учун сарфланган 0,1060 н · 10,60 мл ( $N_{\text{HCl}}$ ) кислота неча г-эқв ташкил қилишини ҳисоблаш керак.

1 л  $\text{HCl}$  нинг стандарт эритмасида 0,1060 г-эқв  $\text{HCl}$  ( $N_{\text{HCl}}$ ) бўлади, деб ҳисоблаб, унинг 10,60 мл ида ( $V_{\text{HCl}}$ ) миқдорини ҳисоблаш мумкин, яъни

$$\Theta_{\text{HCl}} = \frac{0,1060 \cdot 10,60}{1000} \text{ г-эқв HCl.}$$

Эквивалентлар қондасига асосан, титрланган бура эритмасида худди шунча г-эқв  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  бор. Шу г-эқв сонига неча грамм  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  тўғри келишини билиш учун уни  $\Theta_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 190,69$  га кулайтириш керак, яъни:

$$g_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = \frac{190,69 \cdot 0,1060 \cdot 10,60}{1000} = 0,2143 \text{ г}$$

ёки

$$x = \frac{190,60 \cdot 0,1060 \cdot 10,60}{1000} \cdot \frac{100}{0,2298} = 93,24\%$$

Демак, техник бура таркибида 93,24%  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  бор.  
2- масала. Номаълум концентрацияли техник сода эритмаси ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбада суюлтирилди. Ҳосил бўлган эритманинг 25 мл ни титрлаш учун 0,1095 н хлорид кислота эритмасидан 22,45 мл сарфланди. Сода эритмасидаги  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг умумий миқдорини граммларда ҳисобланг.

Ечиш. Пропорционалик қондасига асосан:

$$V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}} = V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot N_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

бундан

$$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{22,45 \cdot 0,1095}{25} = 0,09835.$$

Титрланадиган 1 л эритмада 0,09835 г-эқв  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бўлса 250 мл да:

$$x = \frac{0,09835 \cdot 250}{1000} \text{ г-эқв } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ бор.}$$

Олинган қиймат  $\Delta_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 52,99$  га кўпайтирилса,  $g_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$  ни аниқлаш мумкин:

$$g_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0,09835 \cdot 52,99 \cdot 250}{1000} = 1,303 \text{ г}$$

Ушбу масалани тўғридан-тўғри қуйидагича ечиш мумкин:

$$\begin{aligned} g_{\text{Na}_2\text{CO}_3} &= \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}} \cdot \Delta_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{1000} \cdot \frac{V_{\text{K}}}{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \\ &= \frac{0,1095 \cdot 22,45 \cdot 52,99}{1000} \cdot \frac{250}{25} = 1,303 \text{ г.} \end{aligned}$$

*Мустақил ечиш учун масалалар*

317.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмасини  $\text{NaHCO}_3$  гача нейтраллаш учун  $\text{HCl}$  эритмасидан ( $T_{\text{HCl}} = 0,002789$ ) 21,40 мл сарфланди. Эритмада неча грамм  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бор?

318. 25 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмасини нейтраллаш учун 0,1020 н  $\text{HCl}$  эритмасидан 23,00 мл сарфланди. Эритмада неча миллиграмм  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бор?

319. 3,204 г кснц.  $\text{HCl}$  эритмасини титрлашга 1,010 н  $\text{NaOH}$  эритмасидан 33,05 мл сарфланди. Кислота таркибидаги  $\text{HCl}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

320. Оксалат кислота ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) нинг қандай миқдорига 0,1 н  $\text{NaOH}$  эритмасидан 20 мл сарфланади?

321. Химиявий тоза сувсиз соданинг қанча миқдори-га 0,1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан 20 мл керак?

322. Суперфосфат таркибидаги соф  $\text{P}_2\text{O}_5$  ни аниқлаш учун унинг 10,00 г намунаси сув билан аралаштирилди ва 500 мл гача суюлтирилди. Филтрланган эритмадан яна 50 мл олиб суюлтирилди, 0,1002 н  $\text{NaOH}$  эритмаси билан метилоранжнинг қизил ранги сариқ рангга ўтгунича, яъни  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  га ўтгунча титрланди. Бунинг учун  $\text{NaOH}$  нинг эритмасидан 16,2 мл сарфланди. Суперфосфат таркибидаги соф  $\text{P}_2\text{O}_5$  нинг процент миқдорини аниқланг.

323.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ни  $\text{CO}_2$  ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) гача титрлаш учун 0,5700 н  $\text{HCl}$  эритмасидан 33,45 мл сарфланди. Эритманинг зичлиги  $1,050 \text{ г/см}^3$  га тенг эканлигидан фойдаланиб, эритмадаги  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

324. 10 мл сульфат кислота эритмасини титрлаш учун 1,010 н  $\text{NaOH}$  эритмасидан 20,60 мл сарф бўлди. Эритмадаги  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

Аниқланадиган модда миқдорини стандарт эритманинг титри ( $T_c$ ) ёки аниқланадиган модда асосида ифодаланган титри ( $T_{Ac}$ ) бўйича ҳисоблаш.

Бу усул билан ҳисоблашларни, 1 г-экв А модда 1 г-экв В модда билан тўлиқ реакцияга киришади деган мулоҳазага асосланиб олиб бориш керак.

Аниқланадиган модда билан реакцияга киришган В реактивнинг грамм миқдори:

$$g_c = T_c \cdot V_c$$

Қуйидаги пропорциядан:

$$\left. \begin{array}{l} \mathcal{E}_c - \mathcal{E}_A \\ g_c - g_A \end{array} \right\} g_A = \frac{g_c \cdot \mathcal{E}_A}{\mathcal{E}_c} \quad \text{ёки} \quad g_A = \frac{\mathcal{E}_A \cdot T_c \cdot V_c}{\mathcal{E}_c}$$

ёки процентларда:

$$x = \frac{\mathcal{E}_A \cdot T_c \cdot V_c}{\mathcal{E}_c} \cdot \frac{100}{m} \quad (8.17)$$

Агар титрлаш учун эритманинг алиқвот (20 ёки 25 мл) қисми олинса, у ҳолда аниқланадиган модда титри қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$T_A = \frac{g_A^1}{V_A} \quad (8.18)$$

бунда  $g'_A$ —аниқланадиган модданинг алиқвот қисмдаги ( $V_A$ ) миқдори (г) бўлиб, у қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$g'_A = \frac{\Theta_A \cdot T_c \cdot V_c}{\Theta_c} \quad (8.19)$$

Аниқланадиган модданинг титри бўйича  $g_A$  нинг умумий миқдори қуйидагича ҳисобланади:

$$g_A = T_A \cdot V_k = \frac{\Theta_A \cdot T_c \cdot V_c}{\Theta_c} \cdot \frac{V_k}{V_A} \quad (8.20)$$

1 мл (B) реактив эритмаси билан аниқланадиган (A) модданинг неча грами реакцияга киришганлигини кўрсатувчи катталик аниқланадиган модда бўйича титр деб аталади ва  $T_{C/A}$  билан белгиланади.  $T_{C/A}$ —қиймат аниқланадиган модданинг неча грами 1 мл стандарт эритмадаги модда миқдорига эквивалент эканлигини кўрсатади. Масалан,  $T_{AgNO_3} = 0,001699$  г/мл, яъни 1 мл  $AgNO_3$  нинг стандарт эритмасида 0,001699 г  $AgNO_3$  бор.  $T_{AgNO_3/HCl} = 0,0003646$  г/мл, бунда эса таркибида 0,001699 г  $AgNO_3$  стандарт эритмасининг 1 мл ига 0,0003646 г  $HCl$  эквивалентдир.

Шунинг учун, агар хлорид кислотани титрлашга 20,45 мл кўрсатилган  $AgNO_3$  нинг стандарт эритмасидан кетса, у ҳолда хлорид кислотанинг миқдори  $20,45 \cdot 0,0003646 = 0,007458$  г га тенг бўлади.

Бу усул билан аниқланадиган модда миқдорини ҳисоблаш учун  $T_{C/A}$  ни  $V_c$  га кўпайтирилиши керак, яъни  $T_{C/A} \cdot V_c$ .

Титрни ифодалашнинг бир усулидан бошқасига ўтишда ҳисоблашлар эквивалентлар қондасига асосланиб олиб борилади:

$$\frac{\Theta_c - \Theta_A}{T_c - T_{C/A}} \quad T_{C/A} = \frac{T_c \cdot \Theta_A}{\Theta_c} \quad (8.21)$$

Бошқача қилиб айтганда, турли усул билан ифодаланган бир эритманинг титри стандарт ва аниқланадиган моддалар г-эқв қийматларига боғлиқдир. Бу боғлиқлик қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\frac{T_{C/A}}{T} = \frac{\Theta_A}{\Theta_c} \quad (8.22)$$

(8.22) тенгламадан фойдаланиб аниқланадиган модда бўйича эритманинг титрини ҳисоблаш мумкин, яъни

$$T_{C/A} = \frac{T_C \cdot \Theta_A}{\Theta_C} \quad (8.23)$$

бунда  $\Theta_A/\Theta_C$  — ўзгармас қиймат. Бу қиймат титриметрик анализда аналитик кўпайтувчи (фактори) деб аталади ва  $F_0$  билан белгиланади (иловадаги 9-жадвалга қаранг).

Белгилаш ҳисобга олинса,

$$T_{C/A} = F_0 \cdot T_C \quad (8.24)$$

бўлади.

Аниқланидиган модда миқдори ( $g_A$ ),

$$g_A = F_0 \cdot T_C \cdot V_C; \quad g_A = T_{C/A} \cdot V_C \quad (8.25)$$

ёки:

$$x = T_{C/A} \cdot V_C \cdot \frac{100}{m} \quad (8.26)$$

бўлади.

Эритманинг алиқвот қисмини ҳисоблаш лозим бўлса у ҳолда  $g_A$  ни топиш учун  $T_{C/A} \cdot V_C$  ни  $\frac{V_K}{V_A}$  га кўпайтириш керак, яъни:

$$g_A = T_{C/A} \cdot V_C \cdot \frac{V_K}{V_A} \quad (8.27)$$

бунда  $V_K$  — модда эритиладиган колбанинг ҳажми, мл;  
 $V_A$  — аниқланадиган А модда эритмасининг алиқвот қисми, мл.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. 0,2240 г техник содани метилоранж индикатори иштирокида титрлашга  $T_{HCl} = 0,003646$  г/мл бўлган хлорид кислотанинг стандарт эритмасидан 18 мл сарфланди. Сода таркибидаги  $Na_2CO_3$  миқдорини ҳисобланг.

Ечиш. Содани титрлаш учун сарф бўлган HCl нинг миқдори:

$$g_{HCl} = T_{HCl} \cdot V_{HCl} = 0,003646 \cdot 18,00 \text{ г} = 0,065628 \text{ г HCl}$$

Эквивалентлар қондасига асосан ( $\Theta_{HCl} = 36,46$  ва  $\Theta_{Na_2CO_3} = 59,99$ )  $Na_2CO_3$  (г) миқдори куйидаги пропорция асосида топилади:

$$36,46 - 52,99$$

$$0,065628 \text{ г} - g_{Na_2CO_3}$$

Бундан

$$g_{Na_2CO_3} = \frac{0,065628 \text{ г} \cdot 52,99 \text{ г}}{36,46 \text{ г}}$$

ёки

$$x = \frac{0,065628 \text{ г} \cdot 52,99}{36,46} \cdot \frac{100}{0,2240} = 42,59\%$$

2- масала. Концентрацияси аниқ бўлмаган  $\text{HNO}_3$  ҳажми 250 мл бўлган колбада суюлтирилди. Ҳосил бўлган эритманинг 25 мл ини титрлаш учун уни  $T_{\text{NaOH}/\text{HNO}_3} = 0,06300$  г/мл бўлган эритмасидан 32 мл сарфланди.  $\text{HNO}_3$  миқдорини ҳисобланг.

Ечиш. Бу масалани ечиш учун  $\text{NaOH}$  стандарт эритмасининг аниқланадиган модда бўйича титрини ( $T_{\text{NaOH}/\text{HNO}_3}$ ) унинг ҳажмига ( $V_{\text{NaOH}}$ ) ва  $\frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{А}}} = \frac{250}{25} = 10$  нисбатга кўпайтириш керак, яъни:

$$g_{\text{HNO}_3} = T_{\text{NaOH}/\text{HNO}_3} \cdot \dot{V}_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{А}}} = 0,06300 \text{ г/мл} \cdot 32 \text{ мл} \cdot 10 = 20,16 \text{ г}.$$

Демак, эритмадаги эриган  $\text{HNO}_3$  миқдори 20,16 г экан.

### Мустақил ечиш учун масалалар

325.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасини нейтраллаш учун  $T_{\text{NaOH}} = 0,004614$  г/мл бўлган  $\text{NaOH}$  нинг стандарт эритмасидан 20,00 мл сарфланди. Эритмада неча грамм  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бор?

326. 2,050 г  $\text{HNO}_3$  ни нейтраллаш учун  $T_{\text{NaOH}} = 0,004010$  г/мл бўлган  $\text{NaOH}$  нинг стандарт эритмасидан 21,10 мл сарфланди.  $\text{HNO}_3$  нинг процент концентрациясини ҳисобланг.

327. а) 3,25 г фосфат кислота эритмасини титрлаш учун  $T_{\text{NaOH}/\text{P}_2\text{O}_5} = 0,06230$  бўлган  $\text{NaOH}$  эритмасидан 22,70 мл сарфланди. Фосфат кислота эритмасида неча процент: а)  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; б)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; в) кислота зичлиги  $d = 1,426$  г/см<sup>3</sup> га тенг эканлигини ҳисобга олиб, унинг молярлигини ҳисобланг.

328. 2,8120 г химиявий тоза темир бўлаги хлорид кислотала эритилди ва 500 мл гача суюлтирилди. Эритманинг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бўйича ва  $\text{Na}_2\text{O}$  бўйича титрини аниқланг.

329.  $T = 0,01263$  бўлган 15,50 мл йод эритмасида неча грамм йод бор?

330.  $\text{NaOH}$  эритмасининг титри 0,04000. Унинг  $\text{HCl}$  бўйича титрини ҳисобланг?

331. 1 л эритмада 2,8640 г  $\text{KOH}$  бор. Унинг  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бўйича титрини ҳисобланг.

332.  $T_{\text{HCl}} = 0,03840$  ни  $T_{\text{HCl}/\text{K}_2\text{O}}$  бўйича ҳисобланг.

333.  $T_{\text{AgNO}_3} = 0,01730$  ни  $T_{\text{AgNO}_3/\text{Na}}$  бўйича ҳисобланг.

334.  $\text{NaCl}$  эритмасини титрлашга  $T_{\text{AgNO}_3/\text{Cl}} = 0,03640$  бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 19,95 мл сарфланди. Эритмада неча грамм хлор бор?

335.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасини титрлашга  $T_{\text{KOH}/\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,04890$

бўлган КОН эритмасидан 28,35 мл сарфланди. Эритмада неча грамм  $H_2SO_4$  бор?

Аниқланадиган модда миқдорини тузатгич коэффициенти ёрдамида ҳисоблаш. Стандарт (титрланган) эритманинг амалий нормаллиги ёки титрининг шу эритмани назарий йўл билан ҳисобланган нормаллигига ёки титрига нисбатан неча марта катта ёки кичиклигини кўрсатувчи катталик *тузатгич коэффициенти* ( $K_c$ ) деб аталади:

$$K_c \cdot \frac{N_{\text{амал}}}{N_{\text{назар}}} = \frac{T_{\text{амал}}}{T_{\text{назар}}} \cdot \frac{m_{\text{амал}}}{m_{\text{назар}}} \quad (8.28)$$

Тузатгич коэффицентининг қиймати маълум бўлса, аниқланадиган компонентнинг умумий миқдорини назарий нормаллик ёки назарий титрга асосланиб ҳисоблаш мумкин, чунки назарий нормалликни ёки титрни тузатгич коэффицентига кўпайтмаси ўз навбатида амалий нормаллик ёки амалий титрни беради, яъни:

$$N_{\text{назар}} \cdot K_c = N_{\text{амал}} \quad T_{\text{назар}} \cdot K_c = T_{\text{амал}} \quad (8.29)$$

Аниқланадиган модда миқдорини (8.16) формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин. Аммо стандарт эритманинг нормаллиги  $N_c$  аниқ бўлмаса, у ҳолда  $N_{\text{амал}}$  ни ҳисоблаш учун  $N_{\text{назар}} \cdot K_c$  га кўпайтирилиши керак:

$$g_a = \frac{N_{\text{назар}} \cdot K_c \cdot V_c \cdot \Delta A}{1000} \cdot \frac{V_k}{V_A} \quad (8.30)$$

ёки

$$x = \frac{N_{\text{назар}} \cdot K_c \cdot V_c \cdot \Delta A}{1000} \cdot \frac{V_k}{V_A} \cdot \frac{100}{m} \quad (8.31)$$

### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. 24,99 мл  $H_2SO_4$  эритмасини титрлашга 0,1 н NaOH эритмасидан 21,72 мл сарф бўлди ( $K_{\text{NaOH}} = 1,012$ ) 250 мл эритма таркибидаги  $H_2SO_4$  миқдорини ҳамда  $T_{H_2SO_4}$ ,  $N_{H_2SO_4}$ ,  $K_{H_2SO_4}$  қийматларини ҳисобланг.

Е ч и ш. 1) сульфат кислотанинг нормаллиги:

$$N_A = \frac{V_c \cdot N_c}{V_A}$$

лекин

$$N_{\text{NaOH}} = N_{\text{назар}} \cdot K_c = 0,01 \cdot 1,012 = 0,1012$$

бўлгани учун

$$N_{H_2SO_4} = \frac{21,72 \cdot 0,1012}{24,99} = 0,08794$$

$$2) T_A = \frac{N_A \cdot \Theta_A}{1000}, \quad \Theta_{H_2SO_4} = 49,04$$

$$T_{H_2SO_4 \text{ (амал)}} = \frac{0,08794 \cdot 49,04}{1000} = 0,004313 \text{ г/мл}$$

$$T_{H_2SO_4 \text{ (назар)}} = \frac{N_{\text{назар}} \cdot \Theta_A}{1000} = \frac{0,1 \cdot 49,04}{1000} = 0,004904 \text{ г/мл}$$

$$3) K_{H_2SO_4} = \frac{N_{\text{амал}}}{N_{\text{назар}}} = \frac{T_{\text{амал}}}{T_{\text{назар}}} = \frac{0,08794}{0,1} = \frac{0,004312}{0,004904} = 0,8794$$

4)  $N_c$  бўйича аниқланадиган модда миқдори:

$$g_A = \frac{V_c \cdot N_c \cdot \Theta_A}{1000} \cdot \frac{V_k}{V_A} = \frac{21,72 \cdot 0,1012 \cdot 49,04 \cdot 250}{1000 \cdot 24,99} = 1,078 \text{ г}$$

5)  $T_A$  бўйича аниқланадиган модда миқдори:

$$g_A = T_A \cdot V_k$$

$$g_{H_2SO_4} = 0,004313 \cdot 250 = 1,078 \text{ г}$$

б)  $K_c$  бўйича аниқланадиган модда миқдори:

$$g_A = \frac{N_{\text{назар}} \cdot K_c \cdot V_c \cdot \Theta_A \cdot V_k}{1000} = \frac{0,1 \cdot 1,012 \cdot 21,72 \cdot 49,04 \cdot 250}{1000 \cdot 24,99} = 1,078 \text{ г}$$

2- масала. 0,2 н HCl эритмаси учун  $K_{HCl} = 1,0840$  бўлганда эритманинг титрини аниқлачг.

Е ч и ш.

$$1) T_{HCl \text{ (назар)}} = \frac{N_{\text{назар}} \cdot \Theta_A}{1000} = \frac{0,2 \cdot 36,47}{1000} = 0,007294 \text{ г/мл}$$

$$2) K_{HCl} = \frac{T_{\text{амал}}}{T_{\text{назар}}}, \text{ бундан } T_{\text{амал}} = K_{HCl} \cdot T_{\text{назар}} = 1,0840 \cdot 0,007294 = 0,007907 \text{ г/мл}$$

3- масала. 0,2 н эритмада  $K_{HCl} = 0,9544$  HCl. Эритманинг нормаллигини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$K_{HCl} = \frac{N_{\text{амал}}}{N_{\text{назар}}}, \text{ бундан } N_{HCl \text{ (амал)}} = N_{\text{(назар)}} \cdot K_{HCl}$$

$$N_{\text{(амал)}} = 0,2 \cdot 0,9544 = 0,19088$$

*Мустақил ечиш учун масалалар*

336. КОН эритмасининг нормаллиги 0,1124.  $K_{\text{кон}}$  ни ҳисобланг.

337. NaCl эритмасининг нормаллиги 0,01980.  $K_{\text{NaCl}}$  ни ҳисобланг.

338.  $T_{\text{HCl}} = 0,001842 \cdot K_{\text{HCl}}$  ни ҳисобланг.

339.  $T_{\text{KOH}} = 0,01122 \cdot K_{\text{KOH}}$  ни ҳисобланг.

340.  $T_{\text{HCl/KOH}} = 0,005412 \cdot K_{\text{HCl}}$  ни ҳисобланг.

341.  $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{O}} = 0,003904 \cdot K_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  ни ҳисобланг.

342. 0,1 н эритма учун  $K_{\text{NaOH}} = 1,1430$ .  $T_{\text{NaOH}}$  ни ҳисобланг.

343. 0,5 н эритма учун  $K_{\text{KOH}} = 1,0580$ , KOH эритмасининг нормаллигини ҳисобланг.

344. 0,1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $K = 0,9808$ ) эритмаси учун ҳақиқий  $N_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ ,  $M_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ ,  $T_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  ва  $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{NaOH}}$  ларни ҳисобланг.

Тескари (қолдиқ) титрлаш методи бўйича модда миқдорини ҳисоблаш. Бу усул бўйича ҳисоблашлар қуйидаги тартибда олиб борилади.

1. Аниқланадиган А модда билан реакцияга киришиш учун ортиқча миқдорда сарфланган В модда (стандарт) эритмасининг г-экв лар сони ( $n'_c$ ) қуйидагича топилади:

$$n'_c = \frac{N_c \cdot V_c}{1000} \quad (8.32)$$

2. В модданинг ортиқча миқдорини (В) титрлашга сарф бўлган стандарт модда эритмасининг г-экв лар сони ( $n_{c1}$ ) қуйидагича топилади:

$$n_{c1} = \frac{N_{c1} \cdot V_{c1}}{1000} \quad (8.33)$$

3. Аниқланадиган А модданинг г-экв сони, аниқланадиган А модда билан реакцияга киришган ( $n_A$ ) асосий В реактивнинг г-экв лар сонига тенг, яъни:

$$n_A = n'_c - n_{c1} \quad (8.34)$$

4. А модданинг грамм ҳисобидаги миқдори қуйидагича топилади:

$$g_A = n_A \cdot \Delta_A \quad (8.35)$$

$n'_c$  ва  $n_{c1}$  қийматлари (8.35) формулага қўйилса у ҳолда:

$$g_A = \left( \frac{N_c V_c - N_{c1} V_{c1}}{1000} \right) \Delta_A \quad (8.36)$$

Намуна бўйича титрлаш натижаси % ларда ҳисобланса:

$$x_A = \left( \frac{N_c \cdot V_c \cdot N_{cl} \cdot V_{cl}}{1000} \right) \cdot \mathcal{E}_A \cdot \frac{100}{m} \quad (8.37)$$

Пипеткалаш усулида (% да) ҳисоблаш:

$$x_A = \left( \frac{N_c V_c - N_{cl} \cdot V_{cl}}{1000} \right) \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_K}{V_A} \cdot \frac{100}{m} \quad (8.38)$$

Титр бўйича (% да) ҳисоблаш:

$$x = \left( \frac{T_c \cdot V_c}{\mathcal{E}_c} - \frac{T_{cl} \cdot V_{cl}}{\mathcal{E}_{cl}} \right) \mathcal{E}_A \cdot \frac{V_K}{V_A} \cdot \frac{100}{m} \quad (8.39)$$

Тескари титрлаш усули бўйича аниқланадиган модда миқдорини ҳисоблашда қуйидаги тенгламадан фойдаланилади:

$$V'_{cl} - V_{cl} = V''_{cl} \quad (8.40)$$

бунда  $V'_{cl}$  — аниқланадиган А моддага ортиқча миқдорда қўшилган В (стандарт) эритманинг ҳажми, мл;  $V_{cl}$  — аниқланадиган А модда билан реакцияга киришмай қолган, яъни В эритманинг ортиқча миқдорини титрлашга сарфланган В стандарт эритманинг ҳажми, мл;  $V''_{cl}$  — аниқланадиган А моддага эквивалент бўлган В ва у билан реакцияга киришган стандарт эритма ҳажми, мл.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. 0,0900 г пиролюзит 50 мл оксалат кислота эритмаси билан қайтарилди. Реакция охирида ( $MnO_2$  гача) қайтарувчининг ортиқча миқдори 0,1 н  $KMnO_4$  нинг стандарт эритмаси билан титрланди. Оксалатнинг ортиқча миқдорини титрлашга 15 мл  $KMnO_4$  сарфланди. Оксалат кислота эритмасининг 50 мл ни титрлашга эса 24 мл  $KMnO_4$  эритмаси сарфланди. Пиролюзит таркибидаги  $MnO_2$  нинг % миқдорини ҳисобланг.

Е ч и ш. Контрол тажрибада 50 мл оксалат кислотани титрлашга 24 мл  $KMnO_4$  эритмаси сарфланган. Оксалатнинг ортиқча миқдорини титрлаш учун эса 15 мл шу эритмадан сарфланган, яъни:

$$V'_{cl} - V_{cl} = V''_{cl}; V'_{KMnO_4} - V_{KMnO_4} = V''_{KMnO_4} = 24 - 15 = 9 \text{ мл.}$$

Демак, 9 мл стандарт  $KMnO_4$  эритмасининг  $MnO_2$  га эквивалент бўлган миқдори.

Эквивалентлар қондасига асосланиб, анализ қилинадиган пиролюзит намунасида неча %  $MnO_2$  борлиги ҳисобланса:

$$x_{MnO_2} = \frac{\mathcal{E}_{MnO_2} \cdot N_{KMnO_4} \cdot V''_{KMnO_4}}{1000} \cdot \frac{100}{m} = \frac{43,47 \cdot 0,19}{1000} \cdot \frac{100}{0,0900} = 43,47\%$$

2- масала. Аммоний хлорид намунаси ортиқча миқдорда иш-  
 қор билан таъсир эттирилди. Ажралиб чиққан аммиак 50 мл 0,5120  
 н HCl га юттирилди ва ҳосил бўлган эритма 250 мл гача суюлти-  
 рилди. Олинган эритманинг 50 мл ини титрлаш учун 0,05 н КОН  
 ( $T_{\text{KOH}} = 0,9740$ ) эритмасидан 25,73 мл сарфланди. Аммоний хлорид  
 намунасида неча грамм  $\text{NH}_3$  бор?

Е ч и ш. Олинган кислотада HCl нинг г-эқв лар сони:

$$n'_c = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{1000}$$

Эритманинг 250 мл гача суюлтирилганини ҳособга олган ҳолда  
 анализ учун олинган ( $n'_c$ ) HCl нинг г-эқв сони топилади:

$$n'_c = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{1000} \cdot \frac{V_A}{V_K}$$

Кислотанинг ортиқча миқдорини титрлаш учун сарфланган  
 КОН нинг г-эқв қуйидаги тенглама ёрдамида топилади:

$$n_{\text{Cl}} = \frac{N_{\text{KOH}} \cdot K_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}}}{1000}$$

$n'_c - n_{\text{Cl}} = n_A$  эритманинг алиқвот қисмидаги аммиакнинг г-эқв  
 миқдорини билдиради. Бундан,

$$g_{\text{NH}_3} = \left( \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{1000} \cdot \frac{V_A}{V_K} - \frac{N_{\text{KOH}} \cdot K_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}}}{1000} \right) \frac{V_K}{V_A} \cdot \Theta_{\text{NH}_3}$$

Тегишли сон қийматлари тенгламага қўйилса:

$$\begin{aligned} g_{\text{NH}_3} &= \frac{(0,5120 \cdot 50,00 \cdot 12,50 - 0,05 \cdot 0,9740 \cdot 25,73) \cdot 250}{1000 \cdot 50,00} \cdot 17,03 = \\ &= \frac{(5,120 - 1,253) \cdot 17,03 \cdot 5}{1000} = \frac{3,867 \cdot 16,03 \cdot 5}{1000} = 0,3293 \text{ г.} \end{aligned}$$

Демак,  $g_{\text{NH}_3} = 0,3293$  г.

3- масала. Ҳажми 500 мл бўлган ўлчов колбада 5,3600 г KCl  
 эритилди. Шу эритманинг 25 мл ига 50,00 мл 0,1 н ( $K = 0,8470$ )  
 $\text{AgNO}_3$  эритмасидан қўшилди. Ортиқча  $\text{Ag}^+$  ни титрлаш учун  
 23,88 мл аммоний роданид эритмаси ( $T_{\text{NH}_4\text{SCN}/\text{Ag}} = 0,01068$ ) сарф-  
 ланди. Намунадаги KCl нинг % миқдорини ҳисобланг.

Е ч и ш. Намунадаги KCl нинг % миқдори қуйидаги тенглама  
 ёрдамида ҳисобланади:

$$\begin{aligned} x_{\text{KCl}} &= \left( \frac{N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{1000} - \frac{T_{\text{NH}_4\text{SCN}/\text{Ag}} \cdot V_{\text{NH}_4\text{SCN}}}{\Theta_{\text{Ag}}} \right) \cdot \Theta_{\text{KCl}} \cdot \frac{V_K}{V_A} \cdot \\ &\cdot \frac{100}{m} = \left( \frac{0,1 \cdot 0,8470 \cdot 50,00}{1000} - \frac{0,01068 \cdot 23,88}{107,87} \right) \cdot 74,557 \cdot \frac{500}{25} = \\ &= \frac{100}{5,3600} = 52,04\% \end{aligned}$$

Демак, намунада 52,04% KCl бор экан.

345. Титри 0,007860 г/мл бўлган HCl эритмасидан маълум миқдорда  $\text{NH}_3$  гази ўтказилди. HCl нинг ортиқча миқдори 1 миллилитри 1,025 мл HCl га эквивалент бўлган NaOH нинг 6,30 мл эритмасига юттирилган  $\text{NH}_3$  миқдорини ҳисобланг.

346. 120 мл водопровод сувига CaO бўйича титри 0,002500 тенг бўлган 20 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмаси қўшилди. Эритма қайнатилиб ва филтрлангандан сўнг ( $\text{CaCO}_3$  чўкмада)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг ортиқча миқдорини титрлаш учун 1,012 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  га 1 миллилитри эквивалент бўлган HCl эритмасидан 15,70 мл сарфланди. Анализ қилинадиган сувнинг 100 мл да неча миллиграмм CaO ( $\text{CaCl}_2$  ва  $\text{CaSO}_4$  ҳолатларида) бор?

347. Таркибида 0,7500 г  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  бўлган эритмага 25 мл KOH эритмаси қўшилди. KOH нинг ортиқча миқдори 0,1250 н HCl нинг 4,02 мл эритмаси билан титрланди. KOH эритмасининг нормаллигини ҳисобланг.

348. Таркибида  $\text{CaCO}_3$  дан ташқари бошқа моддалар аралашмасидан иборат бўлган 0,1500 г оҳактошга 0,206н 20 мл HCl эритмаси қўшилди. Кислотанинг ортиқча миқдори, 1 миллилитри 0,975 мл HCl га эквивалент бўлган NaOH нинг 5,60 мл эритмаси билан титрланди. Оҳактош таркибидаги  $\text{CO}_2$  нинг % миқдорини ҳисобланг.

349. Ампула билан  $\text{HNO}_3$  нинг массаси 2,010 г га тенг. Шу ампула 1,010 н 25 мл NaOH эритмасида синдирилди; реакция натижасида ортган NaOH 0,7470 н HCl нинг 5,02 мл эритмаси билан титрланди. Кислота таркибидаги  $\text{HNO}_3$  ва  $\text{N}_2\text{O}_5$  ларнинг % миқдорларини топинг.

350.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  эритмасига 25 мл NaOH ( $T_{\text{NaOH}} = 0,009021$ ) қўшилди. Эритма қайнатилиб ундаги  $\text{NH}_3$  ҳайдалди. Ортиб қолган  $\text{NH}_3$  ни титрлашга 6,30 мл HCl эритмаси ( $T_{\text{HCl}} = 0,007860$ ) сарфланди. Эритмадаги  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  нинг миқдорини ҳисобланг.

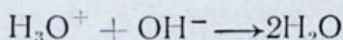
351.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ни  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  гача титрланишини ва 18,00 мл 0,1 н HCl ни ( $K = 0,9064$ ) титрлашга 19,32 мл KOH сарфланишини ҳисобга олиб, суперфосфат таркибидаги  $\text{P}_2\text{O}_5$  ни аниқлаш учун ишлатиладиган KOH нинг  $T_{\text{KOH/P}_2\text{O}_5}$  ини ҳисобланг.

352. 0,1032 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  50 мл 0,09496 н HCl билан аралаштирилди. Кислотанинг ортиқча миқдори  $K = 1,298$  бўлган 0,1 н NaOH билан титрланди. Намунадаги индифферент аралашмаларнинг % миқдорини ҳисобланг.

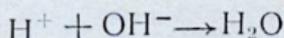
353. 0,8880 г ун таркибидаги азот миқдорини аниқлаш учун, унни конц.  $H_2SO_4$  билан ишлаб, ундаги азот аммоний тузи ( $NH_4HSO_4$ ) га айлантирилди. Туз таркибидаги аммиак ишқор таъсирида ҳайдалиб, 20,00 мл  $HCl$  ( $T_{HCl/N} = 0,0003000$ ) эритмасига қўшилди ва ортиқча кислота 0,1962 г  $NaOH$  эритмасининг 5,50 миллилитри билан титрланди. Ун таркибидаги азотнинг % миқдорини ҳисобланг.

354. Таркиби алюминий ва мисдан иборат бўлган 0,4466 г қотишма 50 мл 0,6000 н  $H_2SO_4$  да эритилди.  $H_2SO_4$  ни тескари титрлаш учун алюминий бўйича титри 0,003600 га тенг бўлган  $KOH$  дан 6,50 мл сарфланди. Қотишманинг % таркибини ҳисобланг.

3- §. Нейтраллаш усули. Нейтраллаш усулининг асосини гидроксоний (ёки водород) ва гидроксил ионларининг ўзаро таъсири натижасида кам ионланувчи сув молекуласининг ҳосил бўлиши ташкил этади:



ёки



Нейтраллаш усулидан фойдаланиб кислоталарни ишқорнинг титрланган эритмаси ёрдамида ва асосларни кислотанинг титрланган эритмаси ёрдамида ҳамда кислота ва асослар билан стехиометрик нисбатда реакцияга киришувчи бошқа моддалар миқдорларини аниқлаш мумкин.

Биз олдинги параграфда (ҳажмий анализда ҳисоблашлар) нейтраллашга оид масалалар устида тўхталиб ўтгандик, шунга қарамасдан бу қисмда нейтраллаш усулида иш эритмаларини тайёрлаш, уларнинг концентрациясини ҳамда титрлаш натижаларини ҳисоблашга доир масалалар ечиш устида батафсил тўхталиб ўтамиз. Нейтраллаш усулидаги асосий ҳисоблар юқорида кўрсатилган (2- § га қаранг) усуллар асосида олиб борилади.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1- масала. а)  $T = 0,00500$  га тенг бўлган 1 л эритма тайёрлаш учун таркибида 92%  $NaOH$  ва 8% индифферент аралашма бўлган намунадан неча грамм олиш керак? б) 700 мл 0,15 н эритма тайёрлаш учун-чи? ва в)  $T_{NaOH/CaO} = 0,00300$  га тенг бўлган 1,5 л эритма тайёрлаш учун-чи?

Ечиш.

$$а) g = \frac{T \cdot V \cdot 100}{P} = \frac{0,00500 \cdot 1000 \cdot 100}{92} = 5,4 \text{ г.}$$

$$б) g = \frac{V \cdot N \cdot 100}{1000 \cdot P} = \frac{0,700 \cdot 0,15 \cdot 100}{92} = 4,6 \text{ г,}$$

$$в) g = 1500 \cdot 0,00300 \cdot \frac{M_{\text{NaOH}} \cdot 100}{\frac{1}{2} M_{\text{CaO}} \cdot 92} = 7,0 \text{ г.}$$

2- масала. 0,1 н 500 мл HCl эритмасини тайёрлаш учун конц. HCl дан ( $\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$ ) неча миллилитр керак?

Ечиш. Зичлиги 1,17 га тенг бўлган HCl эритмасининг моляр концентрацияси 10,97 М/л га тенг.

$$N_{\text{HCl}} = M_{\text{HCl}} = 10,97 \text{ эканлиги ҳисобга олинса, у ҳолда}$$

$$N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}$$

Тегишли қийматларни ўрнига қўйсак,

$$10,97 \cdot V_{\text{HCl}} = 500 \cdot 0,1$$

бундан

$$V_{\text{HCl}} = \frac{500 \cdot 0,1}{10,97} = 4,56 \text{ мл.}$$

Демак, 0,1 н HCl эритмасидан 500 мл тайёрлаш учун зичлиги 1,17 г/см<sup>3</sup> га тенг бўлган конц. HCl дан 4,56 мл олиш керак экан.

3- масала. а) 0,1125 н HCl эритмасининг  $T_{\text{HCl}/\text{NH}_3}$  ини ҳисобланг;

б) шу кислотанинг 0,1122 н эритмаси учун молярлик, титр ҳамда CaO бўйича титрини ҳисобланг.

Ечиш. 0,1 н 1 мл HCl эритмасида 0,1125 мг-экв кислота бўлиб, 0,1125 мг-экв NH<sub>3</sub> ни нейтраллайди. Бу қиймат NH<sub>3</sub> нинг г-экв га кўпайтирилса эритмада 0,1125 · 17,03 = 1,915 мг NH<sub>3</sub> бор эканлиги келиб чиқади. Демак,

$$а) T_{\text{HCl}/\text{NH}_3} = 1,915 \text{ мг/мл ёки } 0,001915 \text{ г/мл}$$

$$б) N_{\text{HCl}} = 0,1122; T = \frac{N \cdot \mathcal{E}}{1000} = \frac{0,1122 \cdot 36,45}{1000} = 0,004091 \text{ г/мл.}$$

$$T_{\text{HCl}/\text{CaO}} = \frac{0,1122 \cdot \frac{1}{2} M_{\text{CaO}}}{1000} = 0,003146 \text{ г/мл.}$$

4- масала. 1,025 г H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O ни титрлашга 24,10 мл NaOH эритмасидан сарфланди. Шу эритманинг: а) титрини, б) H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> бўйича титрини ва в) нормаллигини ҳисобланг.

Ечиш. Ҳисоблашлар қуйидаги тартибда олиб борилади:

$$T_{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{g_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{V} = \frac{1,0250}{24,10} = 0,04253$$

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{T \cdot 1000}{\mathcal{E}} = \frac{0,04253 \cdot 1000}{63} = 0,6748$$

$$T_{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{N \cdot \mathcal{E}}{1000} = \frac{0,6748 \cdot 45}{1000} = 0,03037$$

$$T_{\text{NaOH}} = \frac{T \cdot \mathcal{E}}{1000} = \frac{0,6748 \cdot 40}{1000} = 0,02699$$

5- масала.  $T = 0,003512$  бўлган HCl эритмасининг 20 мл/ни титрлаш учун NaOH нинг 21,12 мл эритмаси сарфланди. Шуларга асосланиб а)  $T_{\text{NaOH/HCl}}$ ; б)  $T_{\text{NaOH}}$  ва в)  $T_{\text{NaOH/H}_2\text{SO}_4}$  ларни ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$а) T_{\text{NaOH/HCl}} = 0,003512 \cdot \frac{20,00}{21,12} = 0,003325 \text{ г/мл,}$$

$$б) T_{\text{NaOH}} = 0,003325 \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{NaOH}}}{\mathcal{E}_{\text{HCl}}} = 0,003647 \text{ г/мл,}$$

$$в) T_{\text{NaOH/H}_2\text{SO}_4} = 0,003325 \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\mathcal{E}_{\text{HCl}}} = 0,004470 \text{ г/мл.}$$

6- масала. 0,2147 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ни титрлашга HCl эритмасидан 22,26 мл сарфланди. HCl эритмасининг титрини аниқланг.

Е ч и ш. 22,26 мл HCl га 0,2147 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  тўғри келади; HCl нинг миқдорини граммларда ҳисоблаш учун шу қийматни HCl ва  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ларнинг эквивалент массаси нисбатига кўпайтириш керак:

$$T = \frac{0,2147}{22,26} \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{HCl}}}{\mathcal{E}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{0,2147 \cdot 36,45}{22,26 \cdot 53} = 0,006663 \text{ г/мл.}$$

7- масала. Таркибида 4% азот бўлган 0,500 г моддадан ажралиб чиққан  $\text{NH}_3$  ни нейтраллаш учун 0,10 н HCl эритмасидан HCl нинг ортқича миқдорини титрлаш учун 0,11 н NaOH эритмасидан 5 мл сарфлаш учун қанча олиш керак?

Е ч и ш. HCl нинг г-эқв миқдори азот ва NaOH г-эқв лари йиғиндисига тенг, яъни:

$$x \cdot 0,10 = \frac{500 \cdot 4}{N \cdot 100} + 5 \cdot 0,11.$$

бундан  $x = 20$  мл.

8- масала. 40,10 г каустик содадан (техник ўловчи натрий) 1 л эритма тайёрланди; шу эритмадан 25 мл метилоранж индикаторида 1,022 н HCl эритмаси билан титрланди. Титрлашга HCl эритмасидан 23,15 мл сарфланди; бошқа намунада шу эритманинг 25 мл га  $\text{BaCl}_2$  эритмаси қўшилди ( $\downarrow \text{BaCO}_3$ ). Ҳосил бўлган аралашма HCl эритмаси билан титрланди (фенолфталеин индикаторида). Бунда 22,55 мл кислота сарфланди. Каустик сода таркибидаги NaOH ва  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ларнинг % миқдорини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$x_{\text{NaOH}} = 22,55 \cdot 1,023 \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{NaOH}} \cdot 1000 \cdot 1000}{1000 \cdot 25 \cdot 40,10} = 92,0\%$$

$$x_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = (23,15 - 22,55) \cdot 1,022 \cdot \frac{\frac{1}{2} M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{1000} \cdot \frac{1000}{25}$$

$$x = \frac{100}{40,10} = 3,2\%.$$

355. Ўювчи натрий бўйича титри 0,00400 га тенг бўлган 1 л  $H_2SO_4$  эритмасини тайёрлаш учун  $\rho = 1,30$  г/см<sup>3</sup> (39,7%) кислотадан неча миллилитр олиш керак?
356. 1 л 0,5700 н аммиак эритмасини 2,0000 н эритма ҳолатига келтириш учун 26% ли ( $\rho = 0,904$  г/см<sup>3</sup>)  $NH_3$  эритмасидан қанча қўшиш керак?
357. Кислород бўйича титри 0,002400 га тенг бўлган NaOH эритмасининг нормаллигини ҳисобланг.
358. 0,1120 г ўювчи калийни титрлашга 10,50 мл  $H_2SO_4$  сарфланганлигини ҳисобга олиб, шу кислотанинг титрини ҳисобланг.
359. 0,2070 г  $K_2CO_3$  ни нейтраллашга 25,00 мл  $HNO_3$  эритмаси сарфланди. Шу кислотанинг CaO бўйича титрини ҳисобланг.
360. 1,3800 г  $K_2CO_3$  ҳажми 200 мл бўлган ўлчов колбасида эритилди. Шу эритманинг 20 мл ини титрлаш учун 25 мл HCl эритмаси сарфланди. HCl эритмасининг аммиак бўйича титри ва нормаллигини ҳисобланг.
361. 10,00 мл 0,05000 н  $CH_3COOH$  эритмасини титрлаш учун 12,50 мл  $Ba(OH)_2$  эритмаси сарфланди.  $T_{Ba(OH)_2/NH_3}$  ни ҳисобланг.
362. HCl нинг 25,00 мл ини титрлаш учун 20,00 мл 0,1500 н KOH сарфланиши учун 20% ли HCl дан ( $\rho = 1,13$  г/см<sup>3</sup>) 250 мл эритма тайёрлаш учун қанча олиш керак?
363. 25,00 мл 0,1000 н HCl эритмасига тўғри келувчи  $Na_2CO_3$  миқдорини ҳисобланг.
364. Титри 0,001470 га тенг бўлган 20 мл  $H_2SO_4$  ни нейтраллаш учун титри 0,002120 бўлган  $Na_2CO_3$  эритмасидан қанча ҳажмда олиш керак?
365. 3,6250 г  $H_3PO_4$  ни тўла нейтраллаш учун 0,1000 н KOH эритмасидан 25 мл сарфланди. Кислота таркибидаги  $P_2O_5$  нинг % миқдорини ҳисобланг.
366. 1,0122 г намуни титрлаш учун  $NH_3$  бўйича титри 0,017000 бўлган  $H_2SO_4$  дан 25 мл сарфланди. Намуна таркибидаги NaOH нинг % миқдорини ҳисобланг.
367. NaOH ва  $Ca(OH)_2$  намуналарини анализ қилиш учун шу намуна 200 мл колбада эритилди. Ҳосил бўлган эритманинг 20 мл ини титрлаш учун 0,1 н HCl эритмасидан 18 мл сарфланди. Сўнгра тайёрланган эритмадан 25 мл олиб, ундаги  $Ca(OH)_2$  кальций карбонат ҳолида чўктирилди ва филтрланди. Филтрат 10 мл 0,1 н HCl эритмаси билан титрланди. Аралашма таркибидаги компонентларнинг % миқдорини ҳисобланг.

368. 0,3500 г поташ ва KCl аралашмасини нейтраллаш учун 0,2000 н  $H_2SO_4$  эритмасидан 15 мл сарфланди. Аралашма таркибидаги  $K_2CO_3$  нинг % миқдорини ҳисобланг.

369. 0,7200 г мис-рух қотишмаси 20 мл 1 н NaOH эритмаси билан ишланди. Ишқорнинг ортиқча миқдорини титрлаш учун 0,5000 н HCl эритмасидан 5 мл сарфланди. Қотишма таркибидаги рухнинг % миқдорини ҳисобланг.

370. 1,0336 г модда намунаси ҳажми 200 мл бўлган ўлчов колбада эритилди. Шу эритманинг 20 миллилитрига 40 мл 0,1 н NaOH эритмаси қўшилди. Эритмани қайнатиш билан аммиак йўқотилди. Ишқорнинг ортиқча миқдорини титрлаш учун 0,1200 н HCl эритмасидан 8 мл сарфланди. Анализ қилинадиган намуна таркибидаги аммиакнинг % миқдори ҳисоблансин.

371. 0,5000 г намунадаги азот аммиаккача қайтарилди, сўнгра у аммиак бўйича титри 0,003400 га тенг бўлган 50 мл HCl эритмасидан ўтказилди. Кислотанинг ортиқча миқдорини  $T_{кон H_2SO_4} = 0,014700$  бўлган KOH эритмаси билан титрланганда 12 мл сарф бўлди. Намунадаги азотнинг % миқдорини ҳисобланг.

372. 2 г темир қотишмаси 50 мл 2 н  $H_2SO_4$  эритмасида эритилди. Кислотанинг ортиқча миқдори 1,5 н 25 мл NaOH эритмаси билан титрланди. Қотишма таркибидаги темирнинг % миқдорини ҳисобланг.

**4-§. Нейтраллашни график шаклида ифодалаш усуллари.** Ҳар бир титрлаш процессини график шаклида ифодалаш мумкин. Бу эгри чизиқ титрлашнинг турли ҳолатларида титрланадиган модда эритмасига кислота ёки асоснинг стандарт эритмасини қўшиш процессида унинг pH қийматини ўзгаришини ифодалайди.

Титрлаш эгри чизиқлари ўз навбатида титрлашнинг турли ҳолатларида эритманинг pH қиймати ўзгаришини, нейтраллаш процессига температурани, ўзаро таъсир этувчи моддалар концентрациясининг pH га таъсирини, титрлашнинг охириги нуқтасини кўрсатиб, титрлаш учун индикатор танлашга имкон беради.

#### *Масалалар ечишга доир намуналар*

**1-масала.** 100 мл 0,1 н HCl эритмасига 50; 90; 99; 100; 100,1 101; 110 мл 0,1 н NaOH эритмаси қўшилганда титрлаш эгри чизиғига тўғри келувчи эритманинг pH қийматларини ҳисобланг ва титрлашнинг охириги нуқтасини аниқлаш учун индикатор танланг.

Ечиш. Кучли кислота (I қисм, II боб, 3-§ га қараи) ларнинг суўлтирилган эритмаларида водород ионлари концентрацияси тахминан шу кислота концентрациясига тенглигини ҳисобга олиб, уш қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$[H^+] \approx C_{HAn}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg C_{HAn} \quad (8.41)$$

Худди шунингдек, кучли асос учун:

$$[OH^-] = C_{kOH}$$

$$pOH = -\lg[OH^-], -\lg C_{kOH}$$

$$pH = 14 - pOH = 14 + C_{kOH} \quad (8.42)$$

Кучли кислота билан кучли асос эритмасини титрлаш учун аниқланадиган модда концентрацияси ( $C_A$ ) ни қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$C_A = \frac{V_A - V_C}{V_A + V_C} \cdot N_A \quad (8.43)$$

бунда  $V_A$  — нормаллиги  $N_A$  бўлган аниқланадиган модданинг бошланғич ҳажми, мл;  $V_C$  — стандарт эритма ҳажми, мл. (8.41) тенгламага асосан титрлашни бошлашдан олдин HCl эритмасининг pH қиймати аниқланади:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg C_{HCl} = -\lg 10^{-1} = 1$$

HCl ярми нейтралланганда унинг концентрацияси (8.43) тенгламага асосан қуйидагича ўзгаради:

$$C_{HCl} = [H^+] = \frac{50}{150} \cdot 0,1 = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ M/л}$$

$$pH = -\lg C_{HCl} = -\lg[H^+] = 2 - \lg 3,3 = 1,5$$

Қолган ҳолатлар учун pH нинг қийматлари мос равишда қуйидагича бўлади:

$$C_{HCl} = [H^+] = \frac{10}{190} \cdot 0,1 = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ M/л}$$

$$pH = -\lg C_{HCl} = -\lg[H^+] = 3 - \lg 5,3 = 2,3$$

$$C_{HCl} = [H^+] = \frac{1}{199} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ M/л}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 4 - \lg 5 = 3,3$$

$$C_{HCl} = [H^+] = \frac{0,1}{199,9} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ M/л}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 5 - \lg 5 = 4,3$$

Агар 100 мл 0,1 н HCl эритмасига 100 мл 0,1 н NaOH эритмаси қўшилса  $pH = pOH$  бўлади, яъни  $pH = 7$ .

Энди 100 мл 0,1 н HCl эритмасига 100; 1; 101; 110 мл 0,1 н NaOH эритмаси қўшилса  $pOH$  ва  $pH$  қийматлари қуйидагича ўзгаради:

$$[OH^-] = \frac{0,1}{200,1} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ M/л}$$

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg 5,0 \cdot 10^{-5} = 5 - \lg 5 = 4,3$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 4,3 = 9,7$$

$$C_{\text{NaOH}} = [\text{OH}^-] = \frac{1}{201} \cdot 0,1 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ M/l}$$

$$\text{pOH} = -\lg 5,0 \cdot 10^{-4} = 4 - \lg 5 = 3,3; \text{pH} = 14 - 3,3 = 10,7$$

$$C_{\text{NaOH}} = [\text{OH}^-] = \frac{10}{210} \cdot 0,1 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ M/l}$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 4,8 \cdot 10^{-3} = 3 - \lg 4,8 = 2,3$$

$$\text{pH} = 14 - 2,3 = 11,7.$$

Олинган pH қийматларнинг натижаларига асосланиб, титрлаш эгри чизиги тузилади. Бунда абсцисса ўқига сарф бўлган ишқор эритмасининг ҳажми (мл) ва ордината ўқига pH қийматлари кўйилади. Кўриб чиқилган масалада кучли кислотани кучли ишқор билан титрлашда олинган натижалар асосида шундай хулосага келиш мумкин.

*Кучли кислотани кучли ишқор билан титрлашда эквивалент нукта нейтралланиш нуктаси билан мос келади, яъни pH=7 бўлади.*

Титрлаш охирида pH кескин ўзгаради. Хақиқатан ҳам деярли ҳамма ишқорни (99,9 мл) қўшгунча pH ҳаммаси бўлиб, 3,3 бирликка ўзгаради, эритмада 0,1 мл кислота қолган ҳолдан 0,1 мл ортиқча ишқор бўлган ҳолга ўтишида эса (99,9 дан 100,1 мл гача) pH 5:4 бирликка (яъни 4,3 дан 9,7 гача) ўзгарди. Агар 100 мл эмас, балки одатда амалда бажарилганидек 25 мл эритма титрланса  $\text{H}^+$  ионлари концентрацияси миллион марта камайишига мос келадиган pH нинг бу ўзгариши 0,2 мл эмас, балки  $0,2:4 = 0,05$  мл NaOH эритмаси қўшилганда содир бўлади. Бу миқдор 1—2 томчи эритмага тўғри келади.

Агар титрлаш эгри чизигида pH кескин ўзгармаса, эритма ранги аста-секин ўзгариб титрлашни қай пайтда тамомлаш кераклигини билиб бўлмас эди.

Титрлашда бундай хусусиятлардан фойдаланиб, индикатор танлаб олиш масаласида қандай хулоса қилиш мумкин?

Бу масалага юзаки қараганда, албатта pH=7 да, яъни титрлашнинг эквивалент нуктасида ўз рангини ўзгартирадиган, титрлаш кўрсаткичи (pT) 7 атрофида бўлган индикаторлардан, масалан, лакмус ёки бромтимол кўкидан фойдаланиш керакдек кўринади.

Лекин pH нинг кескин ўзгариши ҳисобга олинса, титрлаш pH=7 да эмас, балки pH=4 да тамомланидиган метилоранж каби индикаторлардан ҳам бемалол фойдаланиш мумкин эканлиги кўринади. Хақиқатдан ҳам, NaOH эритмасидан 99,9 мл қўшилганда pH=4 бўлади. Демак, титрлашнинг индикатор хатоси 100 мл да 0,1 мл, 25 мл га эса 0,025 мл ни, яъни 1 томчини ташкил этади.

Шунга ўхшаш, эритмани фенолфталеин билан титрлаганда ҳам 25 мл га 0,025 мл (ёки 100 га 0,1 мл) ортиқча сарфланади. Бу миқдор ортиқча ишқор қўшилганда эритманинг pH и 10 га тенг бўлар эди, лекин айни индикатор билан титрлаш pH=9 да тамомланади.

Юқорида айтилганлар асосида индикатор танлашнинг асосий қондаси келиб чиқади: *титрлаш кўрсаткичи* титрлаш эгри чизигида pH нинг кескин ўзгариши оралиғида бўлган индикаторларгина ишлатилиши мумкин (иловадаги 10-жадвалга қаранг).

2-масала. 100 мл 0,1 и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  эритмасига 0,1 и NaOH эритмасидан 50; 90; 99; 99,8; 99,9; 100; 100,1; 100,2; 101; 110 мл қўшилганда титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи эритманинг pH

қийматларини ҳисобланг ва бу титрлашда қандай индикаторлардан фойдаланиш мумкинлигини айтинг.

Е ч и ш. Кучсиз кислотада водород ионлари концентрациясини ҳисоблаш тенгламаси (I қисм, II боб. 3-§ га қаранг):

$$[H^+]_i = \sqrt{K_{HA_n} \cdot C_{HA_n}}$$

бундан

$$pH = -\lg[H^+] = -\frac{1}{2} \lg K_{HA_n} = \frac{1}{2} \lg C_{HA_n}$$

ёки

$$pH = \frac{1}{2} pK_{HA_n} - \frac{1}{2} \lg C_{HA_n}$$

$$K_{CH_3COOH} = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ бўлгани учун}$$

$$pK_{CH_3COOH} = -\lg K_{CH_3COOH} = 5 - \lg 1,82 = 5 - 0,26 = 4,74$$

Бу қийматлар тенгламага қўйилса:

$$pH = \frac{1}{2} \cdot 4,74 - \frac{1}{2} \lg 0,1 = 2,37 + 0,50 = 2,87$$

Демак, 0,1 н  $CH_3COOH$  эритмасининг pH ни 2,87 га тенг экан.

Агар титрланаётган сирка кислота эритмасига 50; 90; 99; 99,8; 99,9; 100; 100,1; 100,2; 101; 110 мл NaOH эритмаси қуйилганда эритмада  $CH_3COOH$  дан ташқари сирка кислотанинг нейтралланиши натижасида ҳосил бўлган натрий ацетат ҳам бўлади, яъни сирка кислота ва унинг тузидан иборат бўлган буфер эритма ҳосил бўлади (I қисм, II боб, 4-§ га қаранг).

Кучсиз кислота ва унинг тузидан ҳосил бўлган буфер эритмаларда водород ионлари концентрацияси қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади (I қисм, II боб, 4-§ га қаранг):

$$[H^+] = K_{HA_n} \cdot \frac{C_{HA_n}}{C_{KA_n}}$$

бундан

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg K_{HA_n} - \lg C_{HA_n} + \lg C_{KA_n}$$

ёки

$$pH = pK_{HA_n} - \lg C_{HA_n} + \lg C_{KA_n}$$

$pK_{CH_3COOH}$ ,  $\lg C_{CH_3COOH}$  ва  $\lg C_{CH_3COONa}$  ларнинг тегишли қийматлари тенгламага қўйилса:

1. 50 мл NaOH қўшилганда:

$$pH = 4,74 - \lg \frac{50}{100} \cdot 0,1 + \lg \frac{50}{100} \cdot 0,1 = 4,74.$$

2. 90 мл NaOH қўшилганда:

$$pH = 4,74 - \lg \frac{10}{100} \cdot 0,1 + \lg \frac{90}{100} \cdot 0,1 = 4,74 + 2 - 1,05 = 5,69.$$

Худди шунингдек, бошқа нуқталар учун pH нинг қийматларини ҳисоблаш мумкин.

Гидролизланувчи тузларнинг ( $\text{CH}_3\text{COONa}$  типдаги) сувдаги эритмаларида водород ионлари концентрацияси қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади. (I қисм IV бобга қаранг):

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot K_{\text{НАн}}}{C_{\text{КтАн}}}}$$

• Бундан

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\frac{1}{2} \lg K_{\text{H}_2\text{O}} - \frac{1}{2} \lg K_{\text{НАн}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{КтАн}}$$

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14}; \quad \lg K_{\text{H}_2\text{O}} = -14.$$

• Ушбу тенглама ёрдамида эквивалент нуқтада pH қиймати ҳисобланса:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{CH}_3\text{COOH}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 7 + \frac{1}{2} \cdot 4,74 + \\ &+ \frac{1}{2} \lg 0,1 = 7 + 2,37 - 0,5 = 8,87. \end{aligned}$$

Олинган натижаларга асосланиб, кучсиз кислотани кучли асос билан титрлаш эгри чизиги тузилади.

Демак, кучсиз кислотани кучли асос билан титрлашда эквивалент нуқта нейтралланиш нуқтаси билан мос келмайди ва у ишқорий муҳитда ётади, яъни  $\text{pH} = 8,87$ . Бу титрлашда pH кескин ўзгариши 7,44 дан 10,0 гача бўлади, демак, бу титрлашга тўғри келадиган индикатор — тимолфталенидир ( $\text{p}T = 10$ ).

3-масала. 100 мл 0,1 н аммиак эритмасига ( $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,81 \cdot 10^{-5}$ ) 50,90; 99,8; 100; 100,1; 100,2; 101; 110 мл 0,1 н HCl эритмаси қўшилганда титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи нуқталарда pH қийматларини ҳисобланг ва бу титрлашда қандай индикатордан фойдаланиш мумкинлигини айтинг.

Ечиш. Титрлашни бошлашдан олдин  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасининг pH ни ҳисобланиши керак. У қуйидагича ҳисобланади:

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{КтОН}} \cdot C_{\text{КтОН}}}$$

бундан

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\frac{1}{2} \lg K_{\text{КтОН}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{КтОН}}$$

ёки

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{КтОН}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{КтОН}}$$

$$\text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}} = -\lg K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 5 - \lg 1,81 = 5 - 0,26 = 4,74.$$

$\text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}}$  ва  $\lg C_{\text{NH}_4\text{OH}}$  қийматлар тенгламага қўйилса:

$$\text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \cdot 4,74 + \frac{1}{2} \lg 0,1 = 14 - 2,37 - 0,50 = 11,13.$$

Шундай қилиб, 0,1 н  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасининг pH ни 11,13 га тенг.  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг аммоний тузлари билан аралашмаси буфер эрит-

маларини ҳосил қилади. Кучсиз асос ва унинг тузларидан ҳосил бўлган -буфер эритмаларида водород ионлари концентрацияси (I қисм, II боб, 4-§ га қаранг) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O} \cdot C_{KtAn}}{K_{KtOH} \cdot C_{KtOH}}$$

бундан

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg K_{H_2O} - \lg C_{KtAn} + \lg K_{KtOH} + \lg C_{KtOH}$$

ёки

$$pH = pK_{H_2O} - pK_{KtOH} - \lg C_{KtAn} + \lg C_{KtOH}$$

ёки

$$pH = 14 - pK_{KtOH} - \lg C_{KtAn} + \lg C_{KtOH} \quad (8.44)$$

(8.44) тенглама ёрдамида аммиак эритмасига турли ҳажмда кислота қўшиб pH ҳисобланади.

Масалан, 50 мл HCl қўшилганда:

$$pH = 14 - 4,74 - \lg \frac{1}{100} \cdot 0,1 = 9,26$$

Шундай қилиб, титрланадиган асосга кислотанинг 1/2 қисми қўшилганда (50 мл)  $\lg C_{KtAn} = \lg C_{KtOH}$  ва  $pH = pK_{H_2O} - pK_{KtOH}$ .

Худди шу йўл билан қолган нуқталар учун pH ни ҳисоблаш мумкин. NH<sub>4</sub>Cl типидagi тузлар гидролизи учун водород ионлари концентрацияси қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади (I қисм, II бобга қаранг):

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot C_{KtAn}}{K_{KtOH}}}$$

бундан

$$pH = -\lg[H^+] = \frac{1}{2} \lg K_{H_2O} - \frac{1}{2} \lg C_{KtAn} + \frac{1}{2} \lg K_{KtOH}$$

ёки

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{KtOH} - \frac{1}{2} \lg C_{KtAn} \quad (8.45)$$

(8.45) тенглама ёрдамида pH нинг эквивалент нуқтадаги қиймати ҳисобланади.

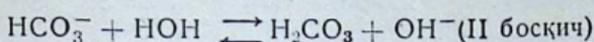
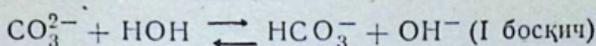
Кўриладиган масала учун:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} \cdot 4,74 - \frac{1}{2} \lg 0,1 = 7 - 2,37 + 0,5 = 5,13.$$

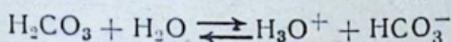
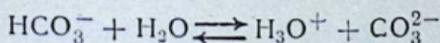
Бундан кучсиз асос кучли кислота билан титрланганда эквивалент нуқта нейтралланиш нуқтаси билан мос келмаслигини кўриш мумкин бўлиб, у кислотали соҳада ётади ( $pH=5,13$ ). pH нинг кескин ўзгариши 6,56 дан 4,0 гача. Титрлашга тўғри келадиган индикатор — метилрот ( $pT=5$ ).

4-масала. 0,1 н Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> эритмасини 0,1 н HCl билан титрланди. Титрлашнинг турли ҳолатларидаги эритма pH ни ҳисобланг ва титрлаш учун керакли бўлган индикаторлар номини айтинг.

Еч и ш.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмада қуйидаги тенглама бўйича гидролизланади.



Ҳосил бўлган  $\text{HCO}_3^-$  иони ва  $\text{H}_2\text{CO}_3$  молекуласи қуйидагича реакцияга киришишлари мумкин:



Гидролизнинг I босқичида  $\text{HCO}_3^-$  ( $\text{HAn}_2$ ), иккинчисига эса  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $\text{HAn}_1$ ) ҳосил бўлади.  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  га нисбатан кучсиз электролитдир:

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4,13 \cdot 10^{-7}$$

$$K_{\text{HCO}_3^-} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,70 \cdot 10^{-11}$$

Диссоциланиш константаси кичик бўлганлиги учун, гидролизда кучсиз кислота тузи кўпроқ учрайди. (Бу ҳолатда  $K_{\text{HCO}_3^-} - K_{\text{H}_2\text{CO}_3}$  дан 8800 марта кичик.)

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг I босқичи гидролиз туфайли ҳосил бўлган  $\text{OH}^-$  ионлари II босқич гидролизини сусайтиради. Шунинг учун  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмасида pH ни ҳисоблаганда II босқичдаги гидролиз ҳисобга олинмаса ҳам бўлади.

Кўп асосли кислоталар ўрта тузларининг, сувдаги эритмаларида pH ни ҳисоблаганда шу кислотанинг охириги диссоциланиш константаси ҳисобга олинади.

Кучсиз икки асосли кислотанинг ўрта тузи эритмасида титрлаш бошлагунга қадар pH ни ҳисоблашда қуйидаги тенгламадан фойдаланилади.

Берилган ҳолат учун:

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{HAn}_2} + \frac{1}{2} \text{lg}C_{\text{KtAn}}$$

0,1 н эритма учун:

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{HCO}_3^-} + \frac{1}{2} \text{lg}0,1; \quad K_{\text{HCO}_3^-} = 4,70 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{p}K_{\text{HCO}_3^-} = -\text{lg}4,70 \cdot 10^{-11} = 11 + \text{lg}4,70 = 11 + 0,7 = 10,3$$

Эритманинг дастлабки pH и:

$$\text{pH} = 7 + 5,15 - 0 = 11,65$$

биринчи эквивалент нуқтада pH:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{\text{HAn}_1} + \text{p}K_{\text{HAn}_2})$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (6,4 + 10,3) = 8,35$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  тўлиқ бикарбонатга айланганда эритма кучсиз ишқорий бўлади. Бу ҳолатни фенолфталеин ёрдамида аниқлаш мумкин.

Иккичи эквивалент нуқтадаги рН ни худди кучсиз бир асоси кислоталардагидек ҳисоблаш мумкин.

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{H}_2\text{A}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{H}_2\text{A}}$$

$$\text{H}_2\text{CO}_3 \approx 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \cdot 6,4 - \frac{1}{2} \lg 5 \cdot 10^{-2} = 3,2 + 0,65 = 3,85$$

Бу ҳолатни метилоранж (3,1 — 4,4) индикаторидан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

### *Мустақил ечиш учун масалалар*

**373.** 0,05 н 25 мл  $\text{HCl}$  эритмаси 0,05 н  $\text{NaOH}$  эритмаси билан титрланди. 5; 12,5; 20; 22,50; 24,75; 24,78; 25,02 мл ишқор қўшилганда титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи нуқталарнинг рН қийматларини ҳисобланг.

**374.**  $\text{KOH}$  нинг 0,05 н 25 мл эритмаси сульфат кислотанинг 0,05 н эритмаси билан титрланди. Ишқор эритмасига 5; 15,5; 20; 22,50; 24,75; 24,98; 25,00; 25,02 мл кислота қўшилганда, титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи нуқталардаги рН ни ҳисобланг. Эквивалент нуқта қайси соҳада ётади?

**375.** 20 мл 0,2 н  $\text{HCOOH}$  эритмаси 0,2 н  $\text{KOH}$  эритмаси билан титрланди.  $\text{HCOOH}$  эритмасига 2; 6; 10; 18; 19,8; 19,98; 20 ва 20,02 мл ишқор эритмаси қўшилганда титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи нуқталардаги рН ни ҳисобланг. Эквивалент нуқта нейтралланиш нуқтасига тўғри келадими?

**376.** 20 мл 0,4 н  $\text{NaOH}$  эритмаси 0,4 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмаси билан титрланди.  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасига 2; 6; 10; 18; 20 мл кислота қўшилганда титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи нуқталардаги рН ни ҳисобланг. Эквивалент нуқта қайси соҳада ётади?

**377.** 25 мл 0,20 н чумоли кислота эритмасига 2; 5; 10; 20; 22; 24,50; 24,95; 25; 25,05 мл 0,20 н  $\text{KOH}$  эритмаси қўшилди. Титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи нуқталардаги рН ни ҳисобланг.

**378.** 0,20 н  $\text{HCl}$  эритмаси 0,20 н  $\text{NaOH}$  эритмаси билан титрланганда  $\text{NaOH}$  нинг эквивалент миқдорига 0,1% кам ва ундан ортиқ бўлган титрлаш ҳолатидаги сакрашни ҳисобланг.

**379.** 0,50 н валериан кислота эритмаси 0,50 М  $\text{NaOH}$  эритмаси билан титрланди.  $\text{NaOH}$  дан эквивалент миқдор

дан 0,1% кам ва ундан ортиқ қўшилганда титрлашда рН қандай ўзгаради?

380. 0,50 н  $\text{CH}_3\text{COOH}$  эритмаси 0,50 н  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмаси билан титрланганда эквивалент нуқтадаги рН инги ҳисобланг.

381. 0,50 н  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмаси 0,50 н  $\text{HCl}$  эритмаси билан титрланганда эквивалент нуқтадаги рН ни ҳисобланг.

382. 0,02 н  $\text{HCOOH}$  эритмаси 0,04 н  $\text{KOH}$  эритмаси билан титрланди. рН нинг қандай қийматида титрлашни тўхтатиш керак?

383. 0,05 н  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмаси 0,025 н  $\text{HCl}$  эритмаси билан титрланганда рН нинг қандай қийматида титрлашни тўхтатиш керак?

384. 0,1 н мой кислота эритмасини 0,1 н  $\text{KOH}$  эритмаси билан титрлаш учун қандай индикатордан фойдаланиш керак?

385. 0,10 н валериан кислота эритмасини 0,10 н ли  $\text{KOH}$  эритмаси билан титрлаш учун қандай индикатор ишлатилади?

386. 0,1 н гидроксилламин эритмасини 0,1 н  $\text{HCl}$  эритмаси билан титрлашда қандай индикаторлардан фойдаланса бўлади?

387. 20 мл 0,1 н  $\text{K}_2\text{CO}_3$  эритмасига 0,1 н  $\text{HCl}$  эритмасидан 5; 10; 15; 19; 19,50; 19,95; 20,50 мл қўшилди. Титрлаш эгри чизиқларига тўғри келган нуқталардаги рН қийматларини ҳисобланг. Титрлашда қандай индикатордан фойдаланиш мумкин?

388. 10 мл 0,30 н  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасига 0,50 н аммиак эритмасидан 1,5; 2; 2,50; 4,50; 5; 7,50; 9; 9,50; 9,95; 10; 10,10; 10,50 мл қўшилганда титрлаш эгри чизигига тўғри келувчи рН қийматларини ҳисобланг.

5-§. Оксидланиш-қайтарилиш усуллари. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларини титриметрик (ҳажмий) анализда қўллашга асосланган усулга оксидланиш-қайтарилиш усули (редоксидиметрия ёки оксидометрия) деб аталади.

Юқорида кўриб чиқилган алмашиниш ёки ионларнинг бириктишига асосланган титриметрик усуллардан фарқли ўлароқ редоксидиметрияда оксидланиш-қайтарилиш процессларида электронларнинг алмашишига асосланган реакциялар қўлланилади. Оксидланиш-қайтарилиш усулларида стандарт /титрланган/ эритма сифатида оксидловчилар ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{J}_2$ ,  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$  ва ҳоказо ва қайтарувчиларнинг ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{HASO}_4$  ва ҳоказо) эритмалари ишлатилади. Агар аниқланадиган модда электрон бериш хусусиятига эга бўлса (қайтарувчи), у ҳолда уни бирор оксидловчининг

стандарт эритмаси билан титрлаб аниқланади ва аксинча. Шундай қилиб, қайтарувчиларни оксидловчиларнинг эритмалари билан ва оксидловчиларни қайтарувчиларнинг эритмалари билан титрлаб аниқлаш мумкин.

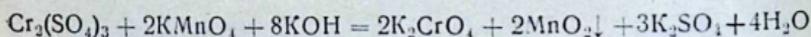
Оксидланиш-қайтарилиш усули бўйича титрлашда ўзаро таъсир этувчи икки системанинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари ўзгаради.

Оксидланиш-қайтарилиш усуллари қўлланиладиган стандарт эритмаларга қараб улар классификацияланади.

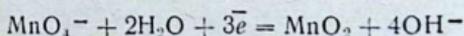
Оксидловчи сифатида  $\text{KMnO}_4$  ишлатилса перманганатометрия,  $\text{J}_2$  бўлса йодометрия,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  хроматометрия,  $\text{KBrO}_3$  броматометрия ва бошқалар.

### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. Қуйидаги реакцияга асосланиб  $\text{KMnO}_4$  нинг г-эквиваленти ҳисобланг:



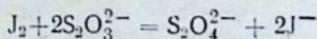
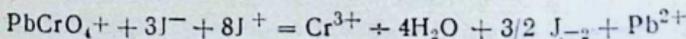
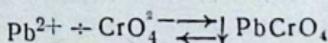
Ечиш. Ушбу тенгламанинг ярим реакцияси ёзилса,



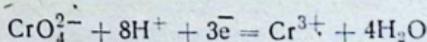
Демак, бир молекула  $\text{KMnO}_4$  ни  $\text{MnO}_2$  гача қайтариш учун учта электрон керак экан. Бундан:

$$\mathcal{E}_{\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{3} = \frac{158,04}{3} = 52,68 \text{ г.}$$

2-масала. Қуйидаги кўрғошинни йодометрик усулда аниқлаш реакция схемасига асосланиб, унинг г-эквиваленти топинг:



Ечиш. Ярим реакция усулига асосан,



1 г-ион хромат 1 г-ион  $\text{Pb}^{2+}$  билан реакцияга киришади. Демак,

$$\mathcal{E}_{\text{Pb}} = \frac{A_{\text{Pb}}}{3} = \frac{207,19}{3} = 69,06 \text{ г.}$$

3-масала. а) 0,1 н 1300 мл ва б) йод бўйича титри 0,01500 бўлган 1300 мл эритма тайёрлаш учун,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  дан неча грамм олиш керак?

Ечиш.

$$а) a = \frac{V \cdot N \cdot \mathcal{E}}{1000} = \frac{1300 \cdot 0,1 \cdot 248,62}{1000} = 32,32 \text{ г,}$$

$$б) a = \frac{V \cdot N \cdot \mathcal{E}}{1000} = \frac{1300 \cdot 0,01500 \cdot 248,62}{1000} = 4,848 \text{ г.}$$

4- масала. 1 л эритма тайёрлаш учун 5,200 г  $K_2Cr_2O_7$  олинди. Эритманинг: а) титри; б) нормаллиги; в) молярлиги; г) йод бўйича титрини ҳисобланг:

Ечиш.

$$а) T = \frac{g}{V} = \frac{5,200}{1000} = 0,005200 \text{ г/мл}$$

$$б) N = \frac{g}{\mathcal{E}} = \frac{5,200}{49,01} = 0,1060$$

$$в) M = \frac{g}{M} = \frac{5,200}{293,95} = 0,01769$$

ёки

$$M = \frac{1}{6} N = \frac{1}{6} \cdot 0,1060 = 0,01769$$

$$г) T_{K_2Cr_2O_7/I_2} = N \cdot \frac{\mathcal{E}}{1000} = 0,1060 \cdot \frac{127}{1000} = 0,01346$$

5- масала. 2,025 г  $Na_2C_2O_4$  ни титрлаш учун 24,10 мл  $KMnO_4$  эритмаси сарфланди.  $KMnO_4$  эритмасининг: а) титри; б)  $Na_2C_2O_4$  бўйича титри; в) нормаллигини ҳисобланг.

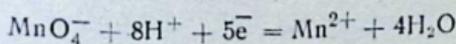
Ечиш. Ҳисоблашлар қуйидагича олиб борилди:

$$T_{KMnO_4/Na_2C_2O_4} = \frac{g_{Na_2C_2O_4}}{V_{KMnO_4}} = \frac{2,025}{24,10} = 0,08403 \text{ г/мл}$$

$$N_{KMnO_4} = \frac{T_{KMnO_4/Na_2C_2O_4} \cdot 1000}{\mathcal{E}_{Na_2C_2O_4}}; \quad C_2O_4^{2-} = 2CO_2 + 2e^-$$

тенглиги ҳисобга олинса:

$$\mathcal{E}_{Na_2C_2O_4} = \frac{M_{Na_2C_2O_4}}{2} = 67 \text{ г}$$



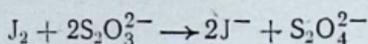
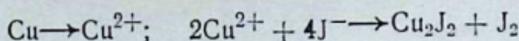
тенгликдан эса

$$\mathcal{E}_{KMnO_4} = \frac{M_{KMnO_4}}{5} = \frac{158,038}{5} = 31,61 \text{ г}$$

$$T_{KMnO_4} = \frac{N_{KMnO_4} \cdot \mathcal{E}_{KMnO_4}}{1000} = \frac{1,254 \cdot 31,61}{1000} = 0,03964 \text{ г/мл}$$

6- масала.  $Na_2S_2O_3$  эритмаси титрини аниқлаш учун 0,1250 г тоза мис олиниб, уни  $Cu^{2+}$  ҳолига келтирилади ва  $I^-$  билан реакцияга киритилади. Реакция натижасида ажралиб чиққан йодни титрлаш учун 21,10 мл натрий тиосульфат эритмаси сарфланди.

Шу эритманинг: а) титрини; б) мис бўйича титрини; в)  $J_2$  бўйича титрини ҳисобланг:



Е ч и ш. Аввал эритмани мис бўйича титрини ҳисоблаб, сўнгра уни тиосульфат ва  $J_2$  бўйича ҳам ҳисоблаш мумкин:

$$а) T_{Na_2S_2O_3/Cu} = \frac{g}{V} = \frac{0,1250}{21,10} = 0,005924 \text{ г/мл}$$

$$б) T_{Na_2S_2O_3} = T_{Na_2S_2O_3/Cu} \cdot \frac{M_{Na_2S_2O_3}}{A_{Cu}} = 0,005924 \cdot \frac{158}{63,5} = 0,01473$$

$$в) T_{Na_2S_2O_3/J_2} = T_{Na_2S_2O_3/Cu} \cdot \frac{A_{J_2}}{A_{Cu}} = 0,005924 \cdot \frac{127}{63,5} = 0,001182.$$

7- масала. Таркибида 1,48%  $Cr$  бўлган 2,10 г пўлатнинг стандарт намунаси эритилиб,  $CrO_4^{2-}$  ҳолатига ўтказилди ва эритмага 25 мл  $FeSO_4$  эритмаси қўшилди. Эритмадаги  $FeSO_4$  ning ортинқча миқдори 4,2 мл  $KMnO_4$  эритмаси билан титрланди (25 мл  $FeSO_4$  эритмасини титрлаш учун 24,30 мл  $KMnO_4$  эритмаси сарфланади).

Шу натижаларга асосланиб: а)  $T_{KMnO_4/Cr}$ ; б)  $N_{KMnO_4}$  ва в)  $T_{FeSO_4}$  ларни ҳисобланг.  
Е ч и ш.

$$а) T_{KMnO_4/Cr} = \frac{a \cdot P}{100 (V_{KMnO_4} - V'_{KMnO_4})} = \frac{2,10 \cdot 1,48}{100(24,3 - 4,2)} = 0,001546$$

$$б) N_{KMnO_4} = \frac{T \cdot 1000}{\Xi_{Cr}} = \frac{0,001546 \cdot 1000}{1/2 A_{Cr}} = 0,08919$$

$$в) T_{FeSO_4} = \frac{N \cdot \Xi \cdot V_1}{1000 \cdot V_2} = \frac{0,08910 \cdot 24,3 \cdot 152}{25,0 \cdot 1000} = 0,01316$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

389.  $Na_3AsO_4$  ning  $KJ$  билан кислотали муҳитда реакцияга киришгандаги г-эқв ини ҳисобланг.

390.  $H_2O_2$  ни калий перманганат билан кучли кислотали ва  $KJ$  билан кучсиз кислотали муҳитда реакцияга киришгандаги г-эқвини ҳисобланг.

391.  $MnO_2$  таркибидаги  $Mn$  ни аниқлаш учун у  $MnO_4^-$  гача оксидланади.  $MnO_2$  ning эқвивалент қийматини ҳисобланг.

392. 20 мл 0,05000 н  $Na_3AsO_4$  эритмасининг рН ини  $HCl$  ёрдамида 1 га келтирилиб, эритмага 0,5000 г  $KBr$  қўшилди ва метилоранж иштирокида 12,50 мл  $NaBrO_3$  ning номаълум концентрацияли эритмаси билан титрланди.

Эритмадаги  $\text{NaBrO}_3$  нинг нормаллиги, титри ва мишьяк бўйича титрини ҳисобланг.

393. 0,0500 н эритмасидан 500 мл тайёрлаш учун қанча  $\text{KMnO}_4$  олиш керак?

394. 0,05000 н  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун шу туздан қанча олиш керак?

395. 0,05000 н  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг темир бўйича титри ва молярлигини ҳисобланг.

396.  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг темир бўйича титри 0,002710 га тенг. Эритманинг нормаллигини ҳисобланг.

397.  $T_{\text{KMnO}_4/\text{NO}_2} = 0,001150$  бўлган  $\text{KMnO}_4$  дан 1,5 л эритма тайёрлаш учун қанча  $\text{KMnO}_4$  олиш керак?

398.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасининг перманганат бўйича титри 0,001742 г/мл га тенг. Эритманинг нормаллигини ҳисобланг.

399. 20 мл  $\text{FeSO}_4$  эритмасини титрлаш учун темир бўйича титри 0,002793 га тенг бўлган  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  дан 25 мл сарфланди.  $\text{FeSO}_4$  нинг нормаллигини ҳисобланг.

400.  $\text{KJ}$  эритмасидан ажралиб чиққан йодни титрлаш учун 0,1012 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасидан 20,75 мл сарфланди. Эритмадаги  $\text{KJ}$  миқдорини ҳисобланг.

401. 0,2133 г руда намунаси  $\text{HCl}$  да эритилди, темир  $\text{Fe}^{2+}$  ҳолатигача қайтарилди. Кейин эритма 0,1117 ва  $\text{KMnO}_4$  билан титрланганда шу эритмадан 17,20 мл сарфланди. Руда таркибидаги темирнинг процент миқдорини ҳисобланг.

402. 0,1602 г оҳактош  $\text{HCl}$  да эритилиб, сўнгра  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ҳолида чўктирилди. Чўкма ювилгач, суюлтирилган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  да эритилди ва  $\text{CaCO}_3$  бўйича титри 0,00602 г/мл га тенг бўлган  $\text{KMnO}_4$  эритмаси билан титрланди. Оҳактош таркибидаги  $\text{CaCO}_3$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

403. Кислотали муҳитдаги  $\text{H}_2\text{O}_2$  эритмасига ортиқча миқдорда  $\text{KJ}$  қўшилди ва эритмага бир неча томчи  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  эритмасидан катализатор сифатида қўшилди. Ажралиб чиққан  $\text{J}_2$  ни титрлаш учун 0,1010 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасидан 22,40 мл сарф бўлди. Эритмада неча грамм  $\text{H}_2\text{O}_2$  бўлган?

404. 4,8900 г техник  $\text{FeCl}_3$  намунаси 250 мл ҳажмли колбада эритилди. Шу эритманинг 25 мл ига кислотали муҳитда  $\text{KJ}$  қўшилди. Ажралиб чиққан йодни титрлаш учун 0,09230 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасидан 32,10 мл сарфланди. Намунадаги  $\text{FeCl}_3$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

405. Баббит қотишмаси таркибидаги сурьмани аниқлаш учун 1,8760 г қотишма 200 мл ҳажмли колбада  $\text{HCl}$  да эритилди. Шу эритманинг 15,00 мл ини титрлаш

учун 0,05000 н  $\text{KBrO}_3$  дан 15,55 мл сарфланди. Қотишма таркибидаги сурьманинг процент миқдорини ҳисобланг.

406. 2,50 мл  $\text{KClO}_3$  эритмасига 0,1200 н  $\text{FeSO}_4$  эритмасидан 25,00 мл қўшилди.  $\text{FeSO}_4$  нинг ортиқча миқдори 0,1100 н  $\text{KMnO}_4$  эритмаси билан титрланди. Эритмадаги  $\text{KClO}_3$  нинг процент миқдорини ҳисобланг ( $\rho_{\text{KClO}_3} = 1,020 \text{ г/см}^3$ ).

407. Пўлат намунаси таркибидаги олтингугурт миқдорини аниқлаш учун 7,12 г пўлат намунаси  $\text{HCl}$  билан ишланди ва ажралиб чиққан  $\text{H}_2\text{S}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  нинг  $\text{Cd}$  ва  $\text{Zn}$  тузлари аралашмасидан иборат бўлган эритмасига юттирилди. Сўнгра шу эритмага (чўкмаси  $\text{CdS}$  ва  $\text{ZnS}$ ) 20 мл йод эритмаси таъсир эттирилди ва ортиқча йод 5,10 мл  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмаси билан титрланди. Пўлат таркибидаги  $\text{S}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг. Бунда  $T_{\text{I}_2/\text{S}} = 0,000802$  ва 1 мл йод эритмаси 1,022 мл натрий тиосульфат эритмаси билан эквивалент.

408. Намунанинг 30 мл эритмаси 0,1075 н  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмаси билан таъсир эттирилгандан сўнг ортиқча  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  ни 5,0 мл  $\text{KMnO}_4$  билан титрлаш учун (1 мл  $\text{KMnO}_4$  эритмаси 1,025 мл  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмаси билан эквивалент) таркибида 75%  $\text{MnO}_2$  бўлган бирикмадан қанча миқдорда олиш кераклигини ҳисобланг.

409. Қуйидаги маълумотларга асосланиб, эритма таркибидаги  $\text{SeO}_3^{2-}$  миқдорини ҳисобланг. Эритмага 0,1000 н  $\text{KBrO}_3$  эритмасидан 20 мл қўшилди ( $M/\mathcal{E} = 6$ ) унинг ортиқча миқдорини 0,0800 н  $\text{NaAsO}_2$  ( $M/\mathcal{E} = 2$ ) эритмаси билан титрлаш учун 5,10 мл эритма сарфланди.

410.  $\text{FeSO}_4$  эритмасининг ортиқча миқдорини титрлаш учун  $T_{\text{KMnO}_4/\text{O}_2} = 0,000810$  бўлган  $\text{KMnO}_4$  дан 5 мл сарфлашиши кераклигини ҳисобга олиб, таркибида 35% актив кислород бўлган 0,102 г  $\text{KClO}_3$  тузини қайтариш учун 0,100 н  $\text{FeSO}_4$  эритмасидан неча мл олиш кераклигини ҳисобланг.

411. 3,9050 г  $\text{Na}_2\text{S}$  ҳажми 500 мл бўлган ўлчов колбасида эритилди. Шу эритманинг 20 мл га 40 мл йод (0,1 н эритмага нисбатан  $K = 0,9342$ ) эритмаси қўшилди. Йоднинг ортиқча титрлаш учун  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмасидан (0,1 н эритмасига нисбатан  $K = 0,9520$ ) 41,25 мл сарфланди.  $\text{Na}_2\text{S}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

412. 0,3878 г  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  эритилиб, 50,00 мл йод эритмаси билан ишланди. Ортиқча йод  $T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}} = 0,0250 \text{ г/мл}$  бўлган  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмаси билан титрланганда 25,40 мл эритма сарфланди.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

**6-§. Оксидланиш-қайтарилиш процессини график шаклида ифодалаш усуллари.** Оксидланиш-қайтарилиш процессини нейтралланиш усулидагидек титрлаш эгри чизиқларини график шаклида ифодалаш мумкин. Бу эгри чизиқлар титрланадиган эритмага стандарт (титрланган) оксидловчи ёки қайтарувчи эритмаси қўшилганда эритманинг оксидланиш-қайтарилиш потенциали ( $E$ ) ўзгаришини ифодалайди.

Ҳар бир оксидланиш-қайтарилиш процесси ўзининг титрлаш эгри чизиги билан характерланади. Агар титрлашнинг турли ҳолатларига мувофиқ келадиган оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари қийматлари графикка қўйилса, нейтраллаш усулида олинган эгри чизиқларга ўхшаш титрлаш эгри чизиқлари ҳосил бўлади.

Оксидланиш-қайтарилиш процессида системанинг оксидланиш-қайтарилиш потенциали қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади (I қисм, VII боб, 2-§ га қаранг):

$$E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид.}]}{[\text{қайтар.}]}$$

Ҳар қандай оксидланиш-қайтарилиш реакциясининг бориши учун, албатта, иккита система бўлиши шарт, яъни оксид.<sub>1</sub> ва оксид.<sub>2</sub> ҳамда қайтар.<sub>1</sub> ва қайтар.<sub>2</sub>.

Титрлашнинг бошланишида система оксидланиш-қайтарилиш потенциалининг ўзгариши қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$E = E^{\circ}_{\text{оксид.}_2/\text{қайтар.}_2} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид.}_2]}{[\text{қайтар.}_2]}$$

Бунда [оксид.<sub>2</sub>] ва [қайтар.<sub>2</sub>] титрланаётган модда тааллуқлидир. Эквивалент нуқтадаги эритманинг потенциали оксидловчи ва қайтарувчининг нормал потенциаллари ва шу реакциянинг мувозанат константаси асосида ҳисобланади. Эквивалент нуқтадан кейинги потенциал қиймат қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$E = E^{\circ}_{\text{оксид.}_1/\text{қайтар.}_1} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{оксид.}_1]}{[\text{қайтар.}_1]}$$

бунда [оксид.<sub>1</sub>] ва [қайтар.<sub>1</sub>] титрланган эритмага тааллуқлидир.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

**1- масала.** 100 мл 0,1 н темир (II) тузи эритмасига 0,1 н церий (IV)-сульфат эритмасидан 0,001; 0,1; 1; 10; 50; 90; 99; 99,9; 100; 100,1; 101,0; 110 мл қўшилганда, эритманинг шу нуқталаридаги потенциалларини ҳисобланг ва олинган натижаларга асосланиб титрлаш эгри чизигини тuzинг.

Ечиш. а) титрлашнинг бошланишида потенциал қийматни ҳисоблаш.

Темир (II) нинг церий (IV) билан оксидланиш реакцияси қуйидаги тенглама асосида боради:



$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = 0,771 \text{ В}; \quad E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}}^0 = 1,45 \text{ В}$$

Мувозанат қарор топганда титрлашнинг ҳар бир ҳолатидаги потенциал қиймат қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

ёки

$$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1,45 + 0,059 \lg \frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]}$$

Титрлашнинг бошланишида 100 мл 0,1 н темир (II) тузи эритмасига 1 томчи (0,001 мл) церий сульфатнинг стандарт эритмасидан қўшилганда эквивалент миқдорда  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари ҳосил бўлади. Шунинг учун титрлашнинг бошида система потенциалини белгилловчи  $\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$  ионлари концентрациясининг нисбати:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{0,001}{100} = 10^{-5}$$

га тенг.

Система потенциали:

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 10^{-5} = 0,771 - 0,059 \cdot 5 = 0,771 - 0,295 = 0,476 \text{ В.}$$

б) титрлаш процессида эквивалент нуктага ча бўлган потенциал қийматни ҳисоблаш.

100 мл 0,1 н темир (II) тузи эритмасига 0,1 н церий (IV) сульфат эритмасидан 0,1 мл қўшганда, эритманинг суюлишини ҳисобга олинмаса, у ҳолда

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{0,1}{100} = 10^{-3}$$

ва

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 10^{-3} = 0,771 + 0,059 \cdot (-3) = 0,594 \text{ В.}$$

$$\text{Стандарт эритмадан 1 мл қўшилганда } \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{1}{100} = 10^{-2}$$

бўлиб, бунда:

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 10^{-2} = 0,771 - 0,059 \cdot 2 = 0,653 \text{ В.}$$

Стандарт эритмадан 10 мл қўшилганда эса:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{10}{90} = 10^{-1}$$

ва

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 10^{-1} = 0,771 + 0,059 = 0,712 \text{ В.}$$

50 мл церий сульфат эритмаси қўшилганда темир (II) ионларининг ярми оксидланиб,  $[\text{Fe}^{3+}] = [\text{Fe}^{2+}]$  бўлади.

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 1 = 0,771 \text{ В.}$$

Церий сульфатдан 90 мл қўшилганда, оксидланмаган темир (II) ионларидан эритмада 10 мл қолади:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{90}{10} = 10$$

ва

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 10 = 0,771 + 0,059 \cdot 1 = 0,830 \text{ В.}$$

Церий сульфатдан 99 мл қўшилганда мос равишда

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{99}{1} = 100$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 100 = 0,771 + 0,118 = 0,889 \text{ В.}$$

Церий сульфатдан 99,9 мл қўшилганда:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{99,9}{1} = 1000$$

Демак,

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg 1000 = 0,771 + 0,177 = 0,948 \text{ В.}$$

в) потенциалнинг эквивалент нуқтадаги қий-матини ҳисоблаш. Эквивалент нуқтада, яъни 100 мл 0,1 н церий сульфат эритмаси 100 мл 0,1 н темир (II) тузи эритмасига қўшилган ҳолатда эритмада қуйидаги мувозанат юзага келади:

$$[\text{Ce}^{3+}] = [\text{Fe}^{3+}]; \quad [\text{Ce}^{4+}] = [\text{Fe}^{2+}]$$

ёки

$$\frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} = \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$$

ва

$$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1,45 + 0,059 \lg \frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]}$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

Ҳосил бўлган  $E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E$  мувозанат ҳолат учун:

$$2E = 1,45 + 0,771 + 0,059 \lg \frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} + \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$2E = 1,45 + 0,771 + 0,059 \lg \frac{[\text{Ce}^{4+}][\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Ce}^{3+}][\text{Fe}^{2+}]}$$

$$\frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} = \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]} \text{ бўлгани учун логарифм белгиси остидаги қий-}$$

мат 1 га тенг бўлади. У ҳолда,

$$2E = 1,45 + 0,771$$

$$E = \frac{1,45 + 0,771}{2} = 1,110 \text{ В}$$

Демак, эквивалент нуқтада  $E = 1,110 \text{ В}$ .

Эквивалент нуқтада  $E$  титрлашда иштирок этаётган ионлар концентрацияси қуйидаги тенгламаларга асосан (I қисм, VII боб, 2-3-§ га қаранг) ҳисобланади:

$$\frac{[\text{қайтар.}_1]}{[\text{оксид.}_1]} = \frac{[\text{оксид.}_2]}{[\text{қайтар.}_2]} = \sqrt{K_{\text{оксид./қайтар.}}}$$

$$\lg K_{\text{оксид./қайтар.}} = \frac{n(E_1^0 - E_2^0)}{0,059}$$

Берилган ҳолат учун  $n = 1$ :

$$\lg K_{\text{оксид./қайтар.}} = \frac{1,45 - 0,771}{0,059} = 11,5$$

$$K_{\text{оксид./қайтар.}} = 4 \cdot 10^{11,5}$$

Шунинг учун эквивалент нуқтада:

$$\frac{[\text{Ce}^{3+}]}{[\text{Ce}^{4+}]} = \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \sqrt{4 \cdot 10^{11,5}} \approx 6,4 \cdot 10^5$$

Олинган натижа шунини кўрсатадики, мувозанат ҳолатида эквивалент нуқтада титрланаётган эритмада  $\text{Fe}^{2+}$  ионлари концентрацияси  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари концентрациясидан миллион марта кичик бўлади. Бу эса темир (II) ионлари амалий жиҳатдан тўлиқ титрланганини (оксидланганини) кўрсатади.

г) эквивалент нуқтадан кейинги потенциал қийматини ҳисоблаш. Эквивалент нуқтадан кейинги оксидланиш-қайтарилиш потенциали қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}}^0 + 0,059 \lg \frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]}$$

$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}}^0 = 1,45 \text{ В}$ . Эритмага 0,1 мл 0,1 н церий (IV) тузи эритмасини қўшиш қуйидаги муносабатни юзага келтиради:

$$\frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} = \frac{0,1}{100} = 10^{-3}$$

$$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1,45 + 0,059 \lg 10^{-3} = 1,45 - 0,059 \cdot 3 = 1,273 \text{ В}$$

1 мл 0,1 н церий сульфат эритмаси қўшилганда:

$$\frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} = \frac{1}{100} = 10^{-2}$$

$$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1,45 + 0,059 \lg 10^{-2} = 1,45 - 0,059 \cdot 2 = 1,332 \text{ В.}$$

10 мл 0,1 н церий сульфат қўшилганда эса қуйидаги муносабат юзага келади:

$$\frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} = \frac{10}{100} = \frac{1}{10} = 10^{-1}$$

у ҳолда

$$E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1,45 - 0,059 \lg \frac{[\text{Ce}^{4+}]}{[\text{Ce}^{3+}]} = 1,45 + 0,059 \cdot \lg 10^{-1} = 1,45 - 0,059 = 1 = 1,391 \text{ В.}$$

Шундай қилиб, эквивалент нуқтанинг бошида потенциал қиймат кескин ўзгара бориб, кейинчалик бу ўзгариш кичиклашиб боради.

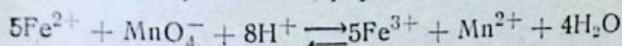
Олинган натижалар асосида, оксидланиш-қайтарилиш процессида  $E$  нинг ўзгаришини ифодаловчи титрлаш эгри чизиғини тузиш учун абсцисса ўқиға титрлашнинг турли ҳолатларида эритмада қолган оксидловчи ёки қайтарувчи миқдори (мл да), ордината ўқиға эса шу ҳажмларға тўғри келувчи  $E$  нинг қийматлари (милли-вольтларда) қўйилади.

2-масала. 100 мл 0,1 н эритмадаги темир (II) ионларини кислотали муҳитда ( $\text{pH}=1$ ) 0,1 н  $\text{KMnO}_4$  нинг стандарт эритмаси билан титрлашда, титрлаш эгри чизиғиға тўғри келадиган нуқталар учун потенциал қийматларни ҳисобланг.

Ечиш. Эквивалент нуқтағача бўлган потенциал қиймат қуйидагича ҳисобланади:

$$E = 0,770 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

100 мл 0,1 н темир (II) ионлари эритмасиға 100 мл 0,1 н  $\text{KMnO}_4$  эритмаси қўшилса, мувозанат қарор топади:



$$[\text{Fe}^{2+}] = 5 [\text{MnO}_4^-]$$

$$[\text{Fe}^{3+}] = 5 [\text{Mn}^{2+}]$$

Иккинчи тенгламани биринчисиға бўлган нисбати орқали  $E$  ни аниқлаш мумкин:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{MnO}_4^-]}$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,771 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$E_{\text{MnO}_4^-/8\text{H}^+/\text{Mn}^{2+}} = 1,52 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$

$$5E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}} + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} = 1,52 \cdot 5 + 0,059 \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$

Тенгламаларни ҳадма-ҳад қўшилса:

$$E_{\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}} + 5E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}} + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} = 0,771 + 1,52 \cdot 5 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} +$$

$$+ 0,059 \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]} = 0,771 + 1,52 \cdot 5 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}] \cdot \text{MnO}_4^- \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Fe}^{2+}] [\text{Mn}^{2+}]}$$

Агар эритмада  $[\text{H}^+] = 1$  бўлса, у ҳолда:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{Mn}^{2+}]} = 1$$

бўлади.

Шунинг учун

$$\lg \frac{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{Mn}^{2+}]} = \lg 1 = 0$$

Демак,

$$E_{\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}} + 5E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}} + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} = 0,771 + 1,52 \cdot 5$$

Мувозанат қарор топганда эквивалент нуқтада:

$$E_{\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}} = E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}} = E \text{ бўлишини ҳисобга олиб,}$$

$$E + 5E = 6E = 0,771 + 5 \cdot 1,52$$

бундан:

$$E = \frac{0,771 + 5 \cdot 1,52}{6} = 1,395 \text{ В}$$

Демак, эквивалент нуқтада  $E = 1,395 \text{ В}$ .

Эквивалент нуқтадан кейинги оксидланиш потенциали қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}} + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} = E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \cdot \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

413. Қуйидаги оксидланиш-қайтарилиш системаларини титрлашнинг эквивалент нуқтада оксидланиш-қайтарилиш потенциалларини ҳисобланг ва титрлашга қандай индикаторлар ишлатилишини айтинг:

1) 0,1 н  $\text{FeSO}_4$  ни 0,1 н  $\text{KMnO}_4$  эритмаси билан ( $[\text{H}^+] = 10^{-3}$  г-ион/л); 2) 0,1 н  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  ни 0,1 н  $\text{KMnO}_4$  билан

(рН=2); 3) 0,02 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ни 0,02 н  $\text{I}_2$  эритмаси билан; 4) 0,1 н  $\text{FeSO}_4$  ни 0,1 н  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  эритмаси билан ( $[\text{H}^+] = 1,0$  г-ион/л); 5) 0,1 н  $\text{SnCl}_2$  ни 0,1 н  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  эритмаси билан ( $[\text{H}^+] = 1,0$  г-ион/л); 6) 0,02 н  $\text{H}_2\text{S}$  ни 0,02 н  $\text{NaClO}$  эритмаси билан ( $[\text{H}^+] = 1,0$  г-ион/л;  $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$  гача оксидланади).

414.  $\text{NaNO}_2$  эритмасини  $\text{KMnO}_4$  эритмаси билан титрлашда эквивалент нуқтадаги оксидланиш-қайтарилиш потенциалини ҳисобланг.

415.  $\text{H}_2\text{O}_2$  эритмасини кислотали муҳитда  $\text{KMnO}_4$  эритмаси билан титрлашда эквивалент нуқтада системанинг потенциали нимага тенг?

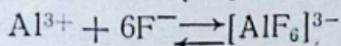
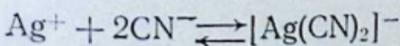
416.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасини кислотали муҳитда  $\text{KMnO}_4$  эритмаси билан титрлашда эквивалент нуқтадаги потенциал нимага тенг?

417. Бир валентли кумуш тузи эритмасини титан (III) сульфат эритмаси билан кислотали шароитда титрлашда эквивалент нуқтадаги потенциални ҳисобланг.

**7-§. Чўктириш ва комплекс ҳосил қилиш усуллари.** Аниқланадиган моддани қийин эрийдиган бирикма ҳолида чўктирувчи реактив ёрдамида титрлашга асосланган усулга *титриметрик (ҳажмий) чўктириш усули* деб аталади.

Чўктириш усулларида фойдаланиб, кумуш катиони билан чўкма берувчи анионлардан хлорид, бромид, йодид, цианид, роданид, сульфат, хромат ва бошқаларни, шунингдек, анионлар билан қийин эрийдиган чўкма ҳосил қилувчи катионларнинг миқдорини аниқлаш мумкин.

Комплекс ҳосил қилиш усуллари комплекс ҳосил қилиш реакцияларига асосланган. Масалан:



Комплекс ҳосил қила оладиган ҳар хил катион ва анионлар миқдорини комплекс ҳосил қилиш усуллари асосида аниқлаш мумкин. Комплекс ҳосил қилиш усуллари ичида комплексометрия (комплексометрик титрлаш) алоҳида ўрин тутлади.

Чўктириш усуллари комплекс ҳосил қилиш усуллари билан ўзаро боғлиқ, чунки чўктириш реакциялари комплекс ҳосил қилиш билан боради, шунингдек, комплекснинг ҳосил бўлишда қийин эрийдиган чўкмалар ҳосил бўлади. Масалан:

$\text{AgCl}$  — чўкма;  $[\text{AgCl}_2]^-$  — комплекс ион, у  $\text{AgCl}$  га ортиқча  $\text{Cl}^-$  ионлари таъсир эттирилганда ҳосил бўлади.

$\text{AgCN}$  — чўкма;  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  — комплекс ион бўлиб, у  $\text{AgCN}$  га ортиқча миқдорда  $\text{CN}^-$  — ионларини таъсир эттириб олинади.

Ўз навбатида комплекс ион ҳосил қилиш реакциялари кам диссоциланувчи тузларга ( $\text{HgCl}_2$ ),  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ ,  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  ўхшашдир.

Шунинг учун чўктириш ва комплекс ҳосил қилиш усуллари бирга ўрганилади. Чўктириш ва комплекс ҳосил қилиш реакциялари жуда кўп, аммо уларнинг ҳаммаси ҳам миқдорий анализда ишлатилмайди. Чўктириш ва комплекс ҳосил қилишда ишлатиладиган реакцияларга қўйиладиган асосий талаблардан бири ажраладиган чўкмалар кам эрувчанлиги билан, ҳосил бўладиган комплексларнинг беқарорлик константасини кичиклиги билан фарқ қилиши керак.

Чўкма ва комплекслар ҳосил бўлишининг назарий асослари билан биз ушбу қўлланманинг олдинги бобларида (I қисм, III боб, 1-§ ва V бобларга қаранг) танишган эдик. Чўкмалар ҳосил бўлишида эрувчанлик кўпайтмасини (ЭК) ҳисоблаш ва комплекс ҳосил бўлишида беқарорлик константасини ( $K_{\text{беқарор}}$ ) ҳисоблаш моддалар миқдорини аниқлаш учун ҳам олиб борилади.

Чўктириш ва комплекс ҳосил қилишнинг назарий асослари чўктириш ва комплекс ҳосил қилиш усулларида кўпгина ҳодиса ва процессларни тушунтириб беришда катта аҳамиятга эга. Жумладан, чўктириш ва комплекс ҳосил қилиш усулларида қуйидаги ҳисоблашларни бажариш мумкин:

- а) ҳар қандай қийин эрийдиган электролитнинг эрувчанлигини ҳисоблаш;
- б) эквивалент нуқтада чўктирувчи бирикманинг эриши туфайли юзага келган йўқолишни ҳисоблаш;
- в) титрлашнинг турли ҳолатларида чўкиш ва комплекс ҳосил бўлишининг боришини кузатиш;
- г) титрлаш эгри чизиқларини тузиш;
- д) индикаторни тўғри танлаш;
- е) индикаторнинг концентрациясини ҳисоблаш;
- ж) ҳажмий — аналитик ҳисоблашларнинг аниқлигига суюлтириш ва температуранинг таъсирини ўрганиш.

Қуйида шу ҳисоблашларга доир масалаларни ечиш устида тўхталиб ўтамиз.

#### *Масалалар ечишга доир намуналар*

1- масала. а) 25 мл ва б) 5 мл ҳажмли бюреткалардан фойдаланилиб, 0,1 н  $\text{AgNO}_3$  эритмаси титрини аниқлаш учун  $\text{NaCl}$  дан қанча миқдорда олиш керак?

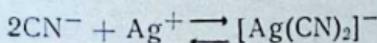
Ечиш. а) NaCl намунасидан шунча миқдорда олиш керакки, уни титрлашга иш эритмасидан 20 мл сарфлансин. Шу вақтда намуна  $0,1 \cdot 20 \cdot 58 = 120$  мг бўлади.

Агар аниқлаш тескари титрлаш усули бўйича олиб борилса, у ҳолда  $\text{AgNO}_3$  нинг миқдорини 25 мл, яъни 5 мл ортиқча олиш керак.

б) намуна олдинги ҳолатдагидан 5 марта кичик бўлиши керак, яъни у 24 мг га тенг бўлади.

2-масала. Агар йўқолмайдиган лойқаланиш ҳосил бўлгунча титрлашга 26,05 мл 0,1015 н  $\text{AgNO}_3$  эритмаси сарфланган бўлса, эритма таркибида неча миллиграмм KCN борлигини ҳисобланг.

Ечиш. Титрлаш реакцияси:



Шунинг учун KCN г-эқв. молекуляр массасининг икки бараварига тенг. У ҳолда эритмадаги KCN миқдори

$$X = 26,05 \cdot 0,1025 \cdot 2 M_{\text{KCN}} = 334 \text{ мг}$$

3-масала. 0,1173 г NaCl 30 мл  $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан таъсир эттирилиб, ортиқча  $\text{Ag}^+$  3,20 мл  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси билан титрланди. 20 мл  $\text{AgNO}_3$  эритмасини титрлаш учун 21 мл  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси кераклигини ҳисобга олиб, қуйидагиларни ҳисобланг: а)  $\text{AgNO}_3$  нинг нормаллигини; б) унинг хлор бўйича титрини ва в)  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмасининг нормаллигини.

Ечиш.  $\text{AgNO}_3$  ва  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаларининг ҳажмий нисбатлари  $\frac{20,00}{21,00} = 0,952$  га тенг.

$$N_{\text{AgNO}_3} = \frac{117,3}{M_{\text{NaCl}}(30,00 - 3,20 \cdot 0,952)} = 0,0745$$

$$T_{\text{AgNO}_3/\text{Cl}} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} \cdot A_{\text{Cl}_2}}{1000} = 0,002640$$

$$N_{\text{NH}_4\text{SCN}} = N_{\text{AgNO}_3} \cdot 0,952 = 0,0709$$

4-масала. 10 : 30 мл трилон Б эритмасини титрлаш учун 1 л да 24 г  $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  эритилган эритмадан 10 мл сарфланади. Трилон Б эритмасининг нормаллиги, титри,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ва CaO бўйича титрларини ҳисобланг.

Ечиш. Трилон Б,  $\text{Fe}^{3+}$  ва  $\text{Ca}^{2+}$  учун  $m/\text{Э} = 2$ .

$$N_{\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}} = \frac{24,2}{M_{\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}}} = 0,0994$$

$$N_{\text{трилон Б}} = N_{\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{10,00}{10,30} = 0,0965$$

$$T_{\text{трилон Б}/\text{Fe}_2\text{O}_3} = N_{\text{трилон Б}} \cdot \frac{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{4 \cdot 1000} = 0,003855 \text{ г/мл}$$

$$T_{\text{трилон Б}/\text{CaO}} = N_{\text{трилон Б}} \cdot \frac{M_{\text{CaO}}}{2 \cdot 1000} = 0,001936 \text{ г/мл}$$

5- масала. Таркибида хлор бўлган 0,2266 г модда эритмасига 0,1121 н 30 мл  $\text{AgNO}_3$  эритмаси қўшилди ва ортиқча  $\text{Ag}^+$  ни титрлашга 0,1158 н  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмасидан 0,50 мл сарфланди.

Анализ қилинадиган модда таркибидаги хлорнинг процент миқдорини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$X_{\text{Cl}_2} = /30,00 \cdot 0,1126 - 0,50 \cdot 0,1158/ A_{\text{Cl}_2} \cdot \frac{100}{226,2} = 51,70\%$$

6- масала.  $\text{NaCl}$  эритмасини титрлаш учун титри 0,0005 г/мл бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 9,5 мл сарфланди. Эритмадаги  $\text{NaCl}$  нинг миқдорини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$g_{\text{NaCl}} = \frac{9,5 \cdot 0,0005 \cdot 58,45}{107,9} = 0,0026 \text{ г.}$$

7- масала. Таркибида  $\text{ZnO}$  бўлган 0,3800 г модда эритмасига 0,0510 М  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан 24,3 мл қўшилди,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасининг ортиқча миқдори 8,4 мл 0,104 н  $\text{ZnSO}_4$  эритмаси билан титрланди. Анализ қилинадиган модда таркибидаги рухнинг процент миқдорини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$X_{\text{Zn}} = /24,3 \cdot 0,0510 - 8,4 \cdot 0,104/ \frac{M_{\text{ZnO}}}{2} \cdot \frac{100}{380} = 24,5\%$$

8- масала.  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  (мг-эқв/л) ларнинг умумий миқдорини аниқлаш учун эритмадан 20 мл олиниб, хромоген қора Т иштирокида 0,1120 н трилон Б эритмаси билан титрланди. Титрлашга трилон Б дан 18,15 мл сарфланди.  $\text{Ca}^{2+}$  аниқлаш учун анализ қилинадиган эритмадан 20 мл олиниб, унга 19,00 мл 0,1120 н трилон Б эритмасидан қўшилди, трилон Б нинг ортиқча миқдори мурексид индикатори иштирокида 0,1021 н  $\text{CaCl}_2$  эритмаси билан титрланди. Буида 12,00 мл эритма сарфланди.  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  концентрацияларини /мг-эқв/ л/ ҳисобланг.

Е ч и ш.  $\text{Ca}^{2+}$  учун:

$$(19,00 \cdot 0,1120 - 12 \cdot 0,1021) \cdot \frac{1000}{20} = 45,1 \text{ мг-эқв/л } \text{Ca}^{2+} \text{ Mg}^{2+}$$

учун эса

$$18,5 \cdot 0,1120 \cdot \frac{1000}{20} - 45,1 = 56,5 \text{ мг-эқв/л}$$

9- масала. 100 мл  $\text{NaCl}$  эритмасини 0,1 н  $\text{AgNO}_3$  нинг 100 мл эритмаси билан титрлашда, титрлашнинг турли ҳолатларида  $\text{Cl}^-$  ва  $\text{Ag}^+$  иони концентрацияларини ҳисобланг ва бу нуқталар ёрдамида титрлаш эгри чизигини тузинг.

Е ч и ш. Таркибида  $\text{Cl}^-$  иони бўлган эритмани  $\text{AgNO}_3$  нинг стандарт эритмаси билан титрлашда  $\text{AgCl}$  чўкмаси ҳосил бўлади.  $\text{AgCl}$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси, титрланаётган  $\text{Cl}^-$  ионларининг ва стандарт эритмадаги  $\text{Ag}^+$  ионлари концентрацияларини билган ҳолда титрлаш процессидаги  $\text{Ag}^+$  ҳамда  $\text{Cl}^-$  ионлари концентрациясини ҳисоблаш мумкин.

Титрлаш бошлангунга қадар тўлиқ диссоциланувчи 0,1 н NaCl эритмасида:

$$[Cl^-] = C_{NaCl}$$

$$pCl = -\lg [Cl^-] = -\lg C_{NaCl} = -\lg 0,1 = -\lg 10^{-1} = 1$$

0,1 н NaCl эритмасига 50; 90; 99; 99,9 мл 0,1 н AgNO<sub>3</sub> эритмасини қўшиш процессида Cl<sup>-</sup> ионларининг концентрацияси камайиб боради, pCl ники эса ортади.

50 мл 0,1 н AgNO<sub>3</sub> қўшилганда 50 % NaCl чўкмай қолади, яъни [Cl<sup>-</sup>] қиймати /суюлтиришни ҳисобга олмаганда/ 2 марта камаяди:

$$[Cl^-] = \frac{50}{100} \cdot 0,1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л}$$

$$pCl = 2 \lg 10 - \lg 5 = 1,3$$

Агар 0,1 н AgNO<sub>3</sub> эритмасидан 90 мл қўшилса, у ҳолда NaCl ионларининг 10 % мл чўкмайди, яъни [Cl<sup>-</sup>] қиймати 10 марта камаяди:

$$[Cl^-] = \frac{10}{100} \cdot 0,1 = 10^{-2} \text{ г-ион/л}$$

$$pCl = -\lg 10^{-2} = 2 \lg 10 = 2$$

[Cl<sup>-</sup>] қийматини бошқа ҳолатлар учун ҳам ҳисоблаш мумкин. 0,1 н AgNO<sub>3</sub> эритмасидан 99,9 мл қўшилса:

$$[Cl^-] = \frac{1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ г-ион/л}$$

$$pCl = -\lg 10^{-3} = 3 \lg 10 = 3$$

0,1 н AgNO<sub>3</sub> эритмасидан 99,9 мл қўшилса:

$$[Cl^-] = \frac{0,1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-4} \text{ г-ион/л}$$

$$pCl = -\lg 10^{-4} = 4 \lg 10 = 4$$

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = \text{ЭК}_{AgCl} = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

бўлгани учун

$$pAg + pCl = 10 - \lg 1,7 = 9,77$$

0,1 н AgNO<sub>3</sub> эритмасидан 100 мл қўшилганда эквивалент нуқта ҳосил бўлади. Аммо AgCl нинг эрувчанлиги туфайли эритмада хлор ва кумуш ионлари унинг тўйинган эритмасидаги миқдорига тенг бўлади:

$$[Ag^+] = [Cl^-] = \sqrt{\text{ЭК}_{AgCl}} = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-10}} = 1,303 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$$

$$pAg = pCl = -\lg 1,303 \cdot 10^{-5} = 5 - \lg 1,303 = 4,885$$

ёки умумий ҳолда

$$pKt = pAn = -\frac{1}{2} \lg \text{ЭК}_{KtAn}$$

Сўнгра  $\text{AgNO}_3$  нинг қўшилиши процессида эритмадаги кумуш ионлари миқдори ортиб,  $\text{AgCl}$  нинг эрувчанлиги камаяди.

0,1 н  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 0,1 мл ортиқча қўшилганда:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{0,1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-4} \text{ г-ион/л}$$

$$p\text{Ag} = 4; \quad p\text{Cl} = 5,77; \quad [\text{Cl}^-] = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ г-ион/л.}$$

0,1 н  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 1 мл ортиқча қўшганда,

$$[\text{Ag}^+] = \frac{1}{100} \cdot 0,1 = 10^{-3} \text{ г-ион/л.}$$

$$p\text{Ag} = 3; \quad p\text{Cl} = 6,77; \quad [\text{Cl}^-] = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ г-ион/л.}$$

0,1 н  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 10 мл ортиқча қўшганда,

$$[\text{Ag}^+] = \frac{10}{100} \cdot 0,1 = 10^{-2} \text{ г-ион/л.}$$

$$p\text{Ag} = 2; \quad p\text{Cl} = 7,77; \quad [\text{Cl}^-] = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ г-ион/л.}$$

Шундай қилиб,  $\text{AgNO}_3$  нинг ортиқча ишқорда қўшилиши билан  $\text{AgCl}$  нинг эрувчанлигини кескин камайтиради. Эквивалент нуқта юзага келганда 0,1 мл 0,1 н  $\text{AgNO}_3$  қўшилганда хлор ионларининг концентрацияси:

$$[\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] = 1,303 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$$

ва

$$[\text{Cl}^-] = \frac{\text{ЭК}_{\text{AgCl}}}{[\text{Ag}^+]} = \frac{1,7 \cdot 10^{-10}}{0,1} = \frac{1,7 \cdot 10^{-10}}{10^{-1}} = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ г-ион/л га}$$

ёки

$$\frac{1,303 \cdot 10^{-5}}{1,7 \cdot 10^6} = 7,7$$

марта камаяди.

0,1 н ли  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 10 мл ортиқча қўшганда эса хлор ионлари концентрацияси  $\frac{1,303 \cdot 10^{-5}}{1,7 \cdot 10^{-8}} = 770$  марта камаяди.

$p\text{Cl}$  ва  $p\text{Ag}$  нинг ҳисобланган қийматларидан фойдаланиб, титрлаш эгри чизиги тузилади. Бунда абсцисса ўқига титрлашнинг турли ҳолатларида эритмада қолган  $\text{NaCl}$  нинг процент миқдори қўйилиб, ордината ўқига эса шунга мос келувчи  $p\text{Cl}$  қийматлари қўйилади.  $\text{NaCl}$  ни  $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан титрлашда ҳосил бўлган эгри чизик эквивалент нуқтага нисбатан симметрик бўлиб, бу эгри чизик титрлашнинг турли ҳолатларида  $p\text{Cl}$  ва  $p\text{Ag}$  ўзгаришини кузатиш мумкин. Бунда эритмада  $p\text{Cl}$  титрлашнинг бошида секин ўзгариб, эквивалент нуқтага яқин қолганда жуда тез /сақраб/ ўзгаради.

**10- масала.** 0,1 н ли галогенидлар аралашмасини кумуш нитрат билан титрлаш процесси қандай боради?

Еч и ш. Галогенидлар аралашмасини ( $\text{J}^- + \text{Br}^-$ ,  $\text{J}^- + \text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^- + \text{Cl}^-$ ,  $\text{J}^- + \text{Br}^- + \text{Cl}^-$ )  $\text{AgNO}_3$  нинг стандарт эритмаси билан титрлаш процессида дастлаб ЭК қиймати кичик бўлган  $\text{AgJ}$  чўкади, сўнгра  $\text{AgBr}$  ва охирида эрувчанлиги каттароқ бўлган  $\text{AgCl}$  чўкади.

Галогенидлар аралашмасидан йодидни чўктириш учун керак бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси миқдори қўшилгандан сўнг эритмада

$2,6 \cdot 10^{-5} > 9,2 \cdot 10^{-9}$  бўлгани учун, кумуш ионлари концентрацияси ўзгаради.  $\text{Br}^-$  ионлари иштирокида эритмадан  $\text{AgJ}$  чўкмага тушади. Ионлар  $\frac{\text{Br}^-}{[\text{J}^-]}$  нисбати  $\text{AgBr}$  ва  $\text{AgJ}$  эрувчанлик кўпайтмалари нисбатига тенг бўлгунча давом этади.  $\text{AgNO}_3$  нинг стандарт эритмасини қўшишни давом эттирсак,  $\text{AgBr}$  ҳолида  $\text{AgI}$  чўка бошлайди ва  $\frac{[\text{Br}^-]}{[\text{J}^-]}$  нисбат ўзгармай қолади:

$$\frac{[\text{Br}^-]}{[\text{J}^-]} = \frac{\Delta K_{\text{AgBr}}}{\Delta K_{\text{AgJ}}} = \frac{3,3 \cdot 10^{-13}}{8,5 \cdot 10^{-17}} = 4000$$

яъни  $[\text{J}^-]$  иони концентрацияси  $[\text{Br}^-]$  га нисбатан 4000 марта камлиги сабабли  $\text{AgBr}$  чўка бошлайди.

$\text{AgBr}$  чўкмаси  $\text{Cl}^-$  ионлари иштирокида эритмада  $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Br}^-]}$  нисбат  $\text{AgCl}$  ва  $\text{AgBr}$  эрувчанлик кўпайтмаси нисбатларига тенглашгунча чўкиш давом этади:

$$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Br}^-]} = \frac{\Delta K_{\text{AgCl}}}{\Delta K_{\text{AgBr}}} = \frac{1,7 \cdot 10^{-10}}{3,3 \cdot 10^{-13}} = 500$$

яъни  $[\text{Br}^-]$   $[\text{Cl}^-]$  дан 500 марта кичик, шунинг учун  $\text{AgCl}$  чўкмага туша бошлайди.

Шундай қилиб, галогенидлар аралашмасини битта чўктирувчи реактив ёрдамида титрлашда эрувчанлиги кам бирикмани чўктириш босқич билан боради.

Эрувчанликни қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{J}^-] = S_{\text{AgJ}} = \sqrt{\Delta K_{\text{AgJ}}} = \sqrt{8,5 \cdot 10^{-17}} = 9,2 \cdot 10^{-9} \text{ г-ион/л}$$

Бромид ионлари концентрацияси  $10^{-1}$  г-ион/л ва  $[\text{Ag}^+] = 9,2 \cdot 10^{-9}$  г-ион/л, бу эса  $\text{AgBr}$  чўкиши учун етарлидир, чунки  $\Delta K_{\text{AgBr}} = 3,3 \cdot 10^{-13}$ . Бу қиймат  $9,2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-1} = 9,2 \cdot 10^{-10}$  кўпайтмаси қийматидан кичикдир. Демак,  $\text{AgBr}$  нинг чўкиши эквивалент нуқтадан аввалроқ бошланади, бунда  $\text{AgJ}$  чўкмага тўлиқ тушиб бўлади.  $[\text{Br}^-] = 10^{-1}$  г-ион/л бўлганда уни  $\text{AgBr}$  ҳолида чўктириш учун керак бўлган кумуш ионлари концентрацияси:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{\Delta K_{\text{AgBr}}}{[\text{Br}^-]} = \frac{3,3 \cdot 10^{-13}}{10^{-1}} = 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ г-ион/л}$$

$[\text{Ag}^+]$   $[\text{J}^-]$  концентрацияси ( $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{J}^-] = \Delta K_{\text{AgJ}}$  тенгламасидан) қуйидаги тенгликка тенг бўлганда амалга ошади:

$$[\text{J}^-] = \frac{\Delta K_{\text{AgJ}}}{[\text{Ag}^+]} = \frac{8,5 \cdot 10^{-17}}{3,3 \cdot 10^{-12}} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$$

Шундай қилиб,  $\text{J}^-$  ва  $\text{Br}^-$  ионлари аралашмасидан  $\text{AgJ}$  чўкмага тўлиқ тушгунча  $\text{AgBr}$  чўкиб бўлади, яъни биринчи эквивалент нуқтагача.

### Мустақил ечиш учун масалалар

418. 20 мл 0,05 н  $\text{NaCl}$  / $K = 0,9640$ / эритмасини титрлаш учун 19,64 мл  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан сарфланди.  $\text{AgNO}_3$  эритмасининг нормаллиги ва титрини ҳисобланг.

419. Таркибида 85% Ag бўлган қотишмадан анализ учун 0,5000 г олинди. Намуна эритмасини титрлаш учун сарфланадиган 50 мл KSCN эритмасининг нормаллигини ҳисобланг.

420. 25 мл трилон Б эритмасини титрлаш учун 0,1100 н ZnSO<sub>4</sub> эритмасидан 24,45 мл сарфланди. Трилон Б эритмасининг нормаллиги ва титрини ҳисобланг.

421. Ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбасига 25 мл суюлтирилган HCl эритмаси қуйилди ва унинг белгисига сув солинди. Шу эритманинг 20 мл ини титрлаш учун 24,37 мл 0,9850 н AgNO<sub>3</sub> эритмаси сарфланди. Анализ қилинаётган кислотанинг 1 л эритмасида неча грамм HCl бор?

422. 25,00 мл симоб тузи эритмасини титрлаш учун 20 мл NaCl эритмасидан сарфлаш учун  $T_{NaCl} = 0,002900/$  25 мл HNO<sub>3</sub> да неча грамм тоза симоб эритиш керак?

423. 20 мл ZnSO<sub>4</sub> эритмасини титрлаш учун 0,2000 M трилон Б эритмасидан 20 мл сарфланиши учун 100,0 мл сульфат кислотада неча грамм Zn металини эритиш керак?

424. 12 мл эритма таркибида 6,5 г KCl бор. Шу эритмани титрлаш учун 0,1000 н AgNO<sub>3</sub> дан неча миллилитр керак?

425. 0,2734 г намуна таркибида 28,0% хлор бор. Шу намуна эритмасини титрлаш учун керак бўлган 0,05000 н Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> эритмасининг ҳажмини ҳисобланг?

426. 0,8180 г NaCl ва NaNO<sub>3</sub> аралашмаси 200 мл ҳажмдаги ўлчов колбада эритилди. Шу эритманинг 20 мл ини титрлаш учун AgNO<sub>3</sub> эритмасидан  $T_{AgNO_3/KCl} = 0,003442/$  18,35 мл сарфланди. Аралашма таркибидаги NaCl нинг процент миқдорини ҳисобланг.

427. 5,2122 г кумуш қотишмаси эритмасини титрлаш учун 0,05 н KSCN  $K = 1,0200/$  эритмасидан 32,40 мл сарфланди. Қотишма таркибидаги Ag нинг процент миқдорини ҳисобланг.

428. 3,0340 г шиша намунаси тегишли ишловдан сўнг эритилди ва эритма ҳажми 100,0 мл га келтирилди. Шу эритманинг 20 мл ини титрлаш учун 0,005000 M трилон Б эритмасидан 7,06 мл сарфланди. Шиша таркибидаги Ca нинг процент миқдорини ҳисобланг.

429. 1 г оҳақтош эритилди ва тегишли ишловдан сўнг эритма ҳажми 100 мл га келтирилди. Шу эритманинг 20 мл да Ca<sup>2+</sup> ва Mg<sup>2+</sup> ларнинг умумий миқдорини билиш учун у 0,05140 M трилон Б эритмаси билан титрланди. Титрлаш учун 19,25 мл ва Mg<sup>+</sup> ни титрлаш учун

6,26 мл трилон Б эритмасидан сарфланди. Оҳактош таркибидаги  $\text{CaCO}_3$  ва  $\text{MgCO}_3$  ларнинг процент миқдорларини ҳисобланг.

430. Ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбасида техник  $\text{KCl}$  дан 3,0360 г эритилди. Шу эритманинг 25 мл ига 0,1045  $M$   $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 50 мл қўшилди.  $\text{Ag}^+$  ионларининг ортиқча миқдорини титрлаш учун  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмасидан ( $T_{\text{NH}_4\text{SCN}/\text{Ag}} = 0,01166/20,68$  мл сарфланди. Намуна таркибидаги  $\text{KCl}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

431. 0,1160 г ош тузи намунаси эритилди ва у 40 мл 0,06540  $n$   $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан аралаштирилди.  $\text{Ag}^+$  ортиқча миқдорини титрлаш учун 0,1  $n$   $\text{KSCN}/K=1,0500/$  эритмасидан 9,05 мл сарфланди. Ош тузи таркибидаги  $\text{NaCl}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

432. 250 мл ли ўлчов колбада 2,0025 г техник  $\text{KBr}$  эритилди. Шу эритманинг 25 мл ига 50 мл 0,05560  $n$   $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  эритмаси қўшилди. Ортиқча  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  эритмасини титрлаш учун 25,02 мл  $\text{NaCl}$  эритмаси ( $T_{\text{NaCl}} = 0,002922$ ) сарфланди. Намуна таркибидаги  $\text{KBr}$  нинг процент миқдорини ҳисобланг.

433. Қуйидаги титрлашларда эквивалент нуқта учун тегишли ионларнинг кўрсаткич концентрацияларини ҳисобланг: 1/ 0,1  $n$   $\text{AgNO}_3$  ни 0,1  $n$   $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси билан; 2/ 0,2  $n$   $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ни 0,1  $n$   $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан; 3/ 0,1  $n$   $\text{KCl}$  эритмасини 0,1  $n$   $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  эритмаси билан; 4/ 0,1  $n$   $\text{BaCl}_2$  эритмасини 0,1  $n$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$  эритмаси билан; 5/ 0,2  $n$   $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  эритмасини 0,2  $n$   $\text{K}_2\text{CrO}_4$  эритмаси билан; 6/ 0,1  $n$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  эритмасини 0,1  $n$   $\text{KIO}_3$  эритмаси билан; 7/ 0,1  $n$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  эритмасини 0,1  $n$   $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  эритмаси билан; 8/ 0,05  $n$   $\text{NiSO}_4$  эритмасини 0,05  $n$  диметилглиоксим эритмаси билан.

## IX боб. МИҚДОРИЙ АНАЛИЗ ХАТОЛАРИ

1-§. Хатоларнинг турлари. Ҳар қандай миқдорий анализ қанчалик эътибор билан бажарилмасин, олинган натижа, одатда, аниқланаётган модданинг ҳақиқий миқдоридан бир оз фарқ қилади, яъни баъзи хатоликларга эга бўлади.

Анализ хатолари ўз табиатига кўра, систематик, тасодифий ва қўпол хатоларга бўлинади.

*Систематик хато* деб, катталиги доимий бўлган ёки аниқ қонун бўйича ўзгарадиган хатоларга айти-

лади. Систематик хатони, одатда, олдиндан назарда тутиш ёки тегишли тузатишлар киритиш билан уларни йўқотиш мумкин. Систематик хатолар ўз навбатида методик, оператив, инструментал ва индивидуал хатоларга бўлинади.

Аниқ бир қонуниятга асосланмайдиган, катталиги ва ишораси номаълум бўлган хатолар *тасодифий хато* деб аталади. Бу хатоларни минимал қийматга келтириш учун уларни математик статистика усули ёрдамида ишлаб чиқиш керак.

*Қўпол хато.* Бундай хато жумласига, масалан: тарози билан ишлашда тарози тошларини ва тарози шкаласининг кўрсатишини нотўғри ҳисоблаш, титрлаш вақтида бюретка шкаласи бўйича нотўғри ҳисоблаш, анализ вақтида эритма ёки чўкманинг бир қисмини тўкиб юбориш ва шунга ўхшашлар киради.

Анализ пайтида қўпол хатоликларга йўл қўйилиши анализ натижаларини нотўғри бўлиб чиқишига сабаб бўлади. Шунинг учун ҳам бир неча параллел анализлар олиб борилиб уларнинг ўртачаси олинади.

Анализ натижаларининг тўғрилиги ва аниқлигини баҳолашда систематик ва тасодифий хатоларни ҳисобга олиш катта аҳамиятга эга. Систематик хатолар анализ натижасининг тўғри эканлигини кўрсатади. Систематик хатоларнинг қиймати қанча кичик бўлса, натижа шунча аниқ бўлади. Анализ вақтида йўл қўйилган тасодифий хатолар миқдори анализ натижаларининг аниқлигини ифода қилади.

**2-§. Хатоларни ифодалаш усуллари.** Миқдорий анализда йўл қўйиладиган хатоларни турлича ифодалаш мумкин. Ифодалаш усулига қараб улар иккига, яъни абсолют ва нисбий хатоларга бўлинади.

**Абсолют хато.** Аниқланаётган катталиқнинг ҳақиқий /ёки энг ишончли/ миқдори билан олинган натижа ўртасидаги фарққа *абсолют хато* дейилади.

**1-масала.** Стандарт пўлат намунасида 0,0424 г марганец бор. Анализ натижасида эса 0,0396 г марганец олинди. Абсолют хатони ҳисобланг.

Ечиш.

$$\Delta_a = 0,0424 \text{ г} - 0,0396 \text{ г} = 0,0028 \text{ г}.$$

Агар аниқланадиган катталиқнинг қиймати номаълум бўлса, у ҳолда абсолют хато, нисбатан ишончли катталиқ бўлган бир неча аниқлашлар ўртача арифметик қийматидан ҳисобланади.

**2-масала.** Тўртта бир хил ҳажмли кислотани титрлаш учун ишқор эритмасидан 12,50; 12,52; 12,48; 12,46 мл сарфланди. Абсолют хатони ҳисобланг.

Ечиш. Анализнинг энг ишончли қиймати параллел олиб борилган аниқлашлардан олинган ўртача арифметик қийматдир:

$$x = \frac{12,50 + 12,52 + 12,48 + 12,46}{4} = 12,49$$

Ҳар қайси аниқлашнинг абсолют хатоси мос равишда:

$$\Delta_{a_1} = 12,50 - 12,49 = +0,01$$

$$\Delta_{a_2} = 12,52 - 12,49 = +0,03$$

$$\Delta_{a_3} = 12,48 - 12,49 = -0,01$$

$$\Delta_{a_4} = 12,46 - 12,49 = -0,03$$

Ҳар қайси ўлчашдан олинган ўртача арифметик қийматга нисбатан четланишга қолдиқ хато дейилади. Қолдиқ хатоларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

Ўлчашнинг нисбий хатоси абсолют хатонинг аниқланадиган катталикнинг ҳақиқий қийматига ёки бир неча ўлчашлар ўртача арифметик қийматига нисбати орқали аниқланади ва процентларда ифодаланади.

1-масала учун нисбий хато:

$$\Delta_H = \frac{0,0424 \cdot 0,0396}{0,0424} \cdot 100 = 6,6\%$$

2-масала учун ҳар қайси аниқлашнинг нисбий хатоси

$$\Delta_{H_1} = \frac{a_1}{x} \cdot 100 = \frac{0,01}{12,49} \cdot 100 = 0,08\%$$

$$\Delta_{H_2} = \frac{a_2}{x} \cdot 100 = \frac{0,03}{12,49} \cdot 100 = 0,23\%$$

ва ҳоказо.

Систематик хатоси бўлмаган анализ натижаларини тасодифий хатоларини тасодифий катталикларнинг нормал тақсимот қонуни ёрдамида баҳолаш мумкин. У икки хил параметр билан характерланади: тасодифий катталикларнинг ўртача қиймати ва дисперсия.

*Тасодифий катталикларнинг ўртача қиймати* — бир хил аниқликда ўтказилган ўлчаш натижаларидан олинган ўртача арифметик қиймат. Агар  $x_1, x_2, \dots, x_n$  лар  $a$  катталикни  $n$  марта ўлчаш натижалари бўлса, у ҳолда

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad /9.1/$$

Нормал тақсимот қонунига асосланиб, ўртача арифметик қиймат аниқланадиган катталикнинг қийматига жуда яқин эканлигини кўрсатиш мумкин, яъни  $\bar{x} \approx a$ .

*Дисперсия* тасодифий катталикларнинг ўртача қийматга нисбатан тарқалишидир.  $n$  марта аниқланган  $x_1, x_2, \dots, x_n$  тасодифий қийматлари учун танланган дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad /9.2/$$

га тенг бўлади.

Ўлчаш аниқлиги қанча кичик бўлса, дисперсия шунча катта бўлади.

Дисперсиядан олинган квадрат илдизнинг мусбат қийматига аниқлашнинг *ўртача квадратик хатоси* дейилади ва у тажриба натижаларига асосланиб ҳисобланади:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad /9.3/$$

Агар ўртача квадратик хато алоҳида ўлчаш учун эмас, балки алоҳида ўлчашнинг ўртача квадратик хатосидан  $\sqrt{n}$  марта кичик бўлган  $n$  марта ўлчаш учун ҳисобга олинса, янада аниқроқ натижалар олиш мумкин, яъни:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad /9.4/$$

Тасодифий хато ҳисобига бўладиган ўлчаш натижасини аниқланадиган катталик атрофида *ишончлилик chegarаси*  $|M|$  деб аталадиган қийматни қабул қилиш мумкин:

$$M = a \pm t_{\alpha} \cdot k \cdot S_{\bar{x}} \quad /9.5/$$

ёки

$$\bar{x} - t_{\alpha} \cdot S_{\bar{x}} \leq a \leq \bar{x} + t_{\alpha} \cdot S_{\bar{x}} \quad /9.6/$$

га тенг.

Бунда  $t_{\alpha, p}$  — ишончлилик эркинлик даражасига боғлиқ бўлган коэффициент  $|k| = n - 1$ .

Ҳар хил ишончлилик қийматлари ва эркинлик даражалари учун нормал тақсимот қонунига асосланиб инглиз математиги Госсет /Стюдент/ томонидан  $t_{\alpha, \rho}$  қийматлари жадвалини тузган /иловадаги 11-жадвалга қаранг/.

**3-масала.** Бир хил ҳажмдаги кислота такрор ишқор эритмаси билан титрланганда ишчи эритма қуйидаги ҳажмда сарфланган: 13,40; 13,20; 13,30; 13,20; 13,30; 13,10 мл. Ишончлилик 0,95 бўлгандаги ўлчашнинг тасодифий хатосини ва аниқланадиган катталиқнинг ишончлилик чегарасини ҳисобланг.

Ечиш. /9.1/ тенгламага асосан:

$$\bar{x} = \frac{13,40 + 13,20 + 13,30 + 13,20 + 13,20 + 13,10}{6} = 13,25.$$

(9.2) тенгламага асосан  $n$  марта ўлчашларнинг ўртача квадратик хатоси:

$$S_x^2 = \frac{|13,40 - 13,25|^2 + |13,20 - 13,25|^2 + |13,30 - 13,25|^2 + |13,20 - 13,25|^2 + |13,20 - 13,25|^2 + |13,10 - 13,25|^2}{6/6 - 1} = 0,043$$

Стюдент коэффиценти (иловадаги, 11-жадвал) дан фойдаланиб, 6 марта ўлчаш учун  $6 - 1 = 5$   $t_{\alpha, \rho}$  нинг қиймати 2,57 га тенглигини кўрамиз. Сўнгра  $S_x \cdot t_{\alpha, \rho}$  ни ҳисобланса:

$$t_{\alpha, \rho} \cdot S_x = 2,57 \cdot 0,043 = 0,11$$

Ишончлилик чегараси:

$$M = 13,25 \pm 0,11$$

Хатоларни умумлаштиришда қуйидаги қондаларга риоя қилиш керак:

1/ йигиндининг абсолют хатоси қўшилувчилар абсолют хатолари йигиндисига тенг /агар  $x = a + b$  бўлса, у ҳолда  $\Delta x = \Delta a + \Delta b$  бўлади/;

2/ айирманинг абсолют хатоси камаювчи ва айирилувчи абсолют хатоларининг йигиндисига тенг /агар  $x = a - b$  бўлса, у ҳолда  $\Delta x = \Delta a - \Delta b$  бўлади/;

3/ икки кўпайтувчи кўпайтмасининг абсолют хатоси биринчи кўпайтувчи билан иккинчи кўпайтувчи абсолют хатоси кўпайтмасининг иккинчи кўпайтувчи билан биринчи кўпайтувчи абсолют хатоси кўпайтмасига қўшилганига тенг /агар  $x = a \cdot b$  бўлса, у ҳолда  $\Delta x = a \Delta b + b \Delta a$  бўлади/;

4/ бўлинманинг абсолют хатоси бўлувчини бўлинувчи абсолют хатосига кўпайтмаси билан бўлинувчини бўлувчи абсолют хатосига кўпайтмаси йиғиндисининг бўлувчи квадратига нисбатига тенг  $\Delta x = \frac{a}{b}$  бўлса, у ҳолда  $\Delta x = \frac{b\Delta a - a\Delta b}{b^2}$  бўлади/.

### Мустақил ечиш учун масалалар

434. Аналитик тарозида мувозанат нуқта бир бўлакча аниқликда аниқланган. Тарозининг I бўлакдаги сезгирлиги 0,3 мг. 10, 200, 1,500 мг моддаларни тортишдаги нисбий хатони ҳисобланг.

435. Микротарозилар стрелкаси учун ҳар бир шкала бўлаги орасидаги қиймат 0,01 мг. Агар мувозанат нуқта шкаланинг 0,5 бўлагигача аниқликда аниқланса, массаси 4 мг моддани тортишдаги нисбий хатосини ҳисобланг.

436. Шиша бюкснинг массаси 12,5852 г га тенг. Аналитик тарозида тортиш натижасида аниқланган массаси 2,5848 г. Тортишдаги нисбий хатони ҳисобланг.

437. Агар фосфорни  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$  ҳолида аниқлашда эмпирик кўпайтувчи 0,01639 га ва назарий кўпайтувчи 0,01651 га тенг. Назарий ва эмпирик кўпайтувчилар орасидаги фарқни процентларда ҳисобланг.

438. Олтиннинг ҳақиқий массаси 53,5 г га тенг. Олтин латундан тайёрланган тошлар ёрдамида тортилган. Тортишда йўл қўйилган хатони ҳисобланг.

439. Химиявий тоза NaCl дан 60,50% хлорид ионлари аниқланган. Аниқлашнинг абсолют ва нисбий хатосини ҳисобланг.

440. Темирни  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ҳолида аниқлаш учун 0,1930 г чўкмада 3%  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  борлиги аниқланди. Чўкмани тўлиқ чўктирмасликка тўғри келадиган нисбий хатони ҳисобланг.

441. Массаси 1,2531 г бўлган  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  чўкмаси филтёрда 500 мл 0,001 н  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмаси билан ювилди.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг эрувчанлигини ҳисобга олиб, неча грамм  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  нинг эритмага ўтганини ва аниқлашнинг нисбий хатоси қийматини ҳисобланг?

442. Агар массаси 0,8190 г  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси филтёрда 200 мл 0,02 M  $\text{MgSO}_4$  эритмаси билан ювилганда, аниқлашда қандай хатога йўл қўйилади?

443. Массаси 0,7099 г бўлган чўкма 500 мл 0,2 н HCl эритмаси билан ювилса, чўкмадан неча грамм AgCl

эритмага ўтади? Юши натижасида қандай хатога йўл қўйилади?

444. Кальций оксалат  $pH=11$  бўлган муҳитда чўктирилган. Аниқлашнинг нисбий хатосини ҳисобланг.

445. Агар кальций фторид сувли эритмада эмас, балки  $0,01 M CaCl_2$  эритмасида чўктирилган бўлса, аниқлаш хатоси неча мартага камаяди?

446. Мис қотишмасини аниқлашда бир неча параллел аниқлашлар амалга оширилиб, қуйидаги натижалар олинган:  $0,5648$  г;  $0,5645$  г;  $0,5642$  г;  $0,5650$  г;  $0,5652$ ;  $0,5647$  г Си. Ишончлилиқ  $0,95$  бўлгандаги тасодифий хатони ва аниқланадиган катталиқнинг ишончлилиқ чегарасини ҳисобланг.

447. Доломитнинг анализи натижасида бешта намунада  $0,8465$  г;  $0,8467$  г;  $0,8469$  г;  $0,8473$  г;  $0,8470$  г кальций оксиди аниқланган. Ишончлилиқ  $0,95$  бўлгандаги тасодифий хатони ва аниқланадиган катталиқнинг ишончлилиқ чегарасини ҳисобланг.

448. Параллел анализлар натижасида қумуш танга таркибидан  $\%$  ҳисобида қуйидаги миқдорда қумуш аниқланган:  $90,04$ ;  $90,12$ ;  $89,92$ ;  $89,94$ ;  $90,08$ ;  $90,021$ . Алоҳида аниқлашнинг стандарт четланишини ва ўртача қийматнинг ишончлилиқ чегарасини ҳисобланг  $\alpha = 0,95$ .

449. Тортма анализ усули бўйича аниқлашда  $\%$  ҳисобида  $CaO$  нинг натижалари қуйидагича бўлган:  $12,86$ ;  $12,90$ ;  $12,93$ ;  $12,84$ . Кальций миқдорини аниқлашдаги стандарт четланишни ҳисобланг.

450.  $NaCl$  молекуляр массаси  $58,443$  дан  $58,4$  гача ихчамлаштирилса, қандай нисбий хатога йўл қўйилади?

451.  $50$  мл  $0,05$  н  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  эритмасидан электрограмметрик усул билан мис аниқлангандан кейин платина электроди массаси  $32,5871$  г бўлди. Электроднинг дастлабки массаси  $32,2855$  г. Мисни аниқлашдаги нисбий хатони ҳисобланг.

452. Агар  $5$  мл текшириладиган эритма  $\pm 2 \cdot 10^{-2}$  мл гача аниқликда титрланганда, аниқлашнинг абсолют хатосини ҳисобланг. Агар титрланадиган эритма ҳажми  $25$  мл гача оширилса, хато қандай ўзгаради?

453.  $10$  мл текшириладиган эритмани  $2 \cdot 10^{-2}$  мл гача аниқликда титрлашнинг нисбий хатоси  $0,20\%$  га тенг. Хатони  $5$  мартагача камайтириш учун қанча ҳажмда текшириладиган эритмадан олиш керак?

454.  $20^\circ C$  да ҳажми  $10$  мл бўлган пипеткада олинган сувнинг массаси  $10,1351$  г га тенг. Пипетканинг ҳақиқий

ҳажмини ва пипеткани даражалаш хатосини ҳисобга олмайд  $20^{\circ}\text{C}$  да  $d = 0,9982$  хатони ҳисобланг.

**455.** Даражалаш  $20^{\circ}\text{C}$  да ўтказилган бўлиб, 250 мл ҳажмли колбада  $30^{\circ}\text{C}$  да эритма тайёрланган. Эритма ҳажмини ўлчашда қандай хатога йўл қўйилади?

**456.** Агар 20 г дастлабки модда 500 мл сувда эритилганда 5% натрий карбонат бўлса, натрий гидроксиди эритмасининг нормаллигини аниқлашдаги хатосини ҳисобланг.

**457.** Натрий гидроксид эритмасини титрлаш учун 0,1 н  $\text{HCl}$  эритмасидан 12,25; 12,30; 12,19; 12,22; 12,20; 12,20 мл сарфланган. Аниқлашнинг тасодифий хатосини ва ишончлилиқ чегарасини ҳисобланг  $\alpha = 0,95$ .

**458.** Таркибида 5% марганец II-оксид бўлган 1,3658 г  $\text{KMnO}_4$  дан кислоталик муҳитгача титрлаш учун 1 л ишчи эритма тайёрланган. Эритма концентрациясини г-ион л да ва  $\text{KMnO}_4$  таркибидаги  $\text{MnO}_2$  ни ҳисобга олмасдан эритма тайёрлашда йўл қўйилган хатони ҳисобланг.

**459.** 1,5803г  $\text{KMnO}_4$  дан 0,5 л эритма тайёрлаш учун оксидланувчанлиги 2,5 мг-экв/л бўлган сув ишлатилган. Сув таркибидаги органик қўшимчаларнинг оксидланиши ҳисобига перманганат эритмаси концентрациясининг камайишини % ларда ҳисобланг.

**460.** Агар 500 мл 0,0500 н тиосульфат эритмаси /сақланганда/ ўзига ҳаводан  $2,2 \cdot 10^{-3}$  г-моль/л  $\text{CO}_2$  ютган бўлса, эритма концентрацияси неча % га ўзгаради?

**461.** Агар кислотали муҳит учун мўлжаллаб тайёрланган 0,0500 н  $\text{KMnO}_4$  эритмасини нейтрал муҳитда титрлаш учун ишлатилса, қандай хатога йўл қўйилади?

**462.** Агар эритманинг ион кучи ҳисобга олинмасдан 50 мл 0,1 н  $\text{KMnO}_4$  эритмасидан ва 100 мл 0,1 н  $\text{FeSO}_4$  эритмасидан  $\text{pH}=1$  инборат система потенциалини ҳисоблашда қандай хатога йўл қўйилади?

**463.** Бешта бир хил ҳажмли  $\text{KMnO}_4$  эритмасини титрлаш учун мос равишда 12,48; 12,46; 12,50; 12,50; 12,52 мл 0,1 н оксалат кислота эритмасидан сарф бўлди. Аниқлашнинг тасодифий хатоси ва ишончлилиқ чегарасини ҳисобланг  $\alpha = 0,95$ .

**464.** Агар аралашмани титрлаш учун  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 22,40 мл сарфланган бўлса,  $\text{Cl}^-$  ионларини 1 мл 0,01 н калий хромат эритмаси иштирокида 0,1 н  $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан титрлашнинг нисбий хатосини ҳисобланг.

**465.** Агар аралашмани титрлаш учун  $\text{AgNO}_3$  эритмаси-

дан 15,50 мл сарфланган бўлса,  $\text{Cl}^-$  — ионларини 1 мл 0,01 н натрий арсенат эритмаси иштирокида 0,1 н кумуш нитрат эритмаси билан титрлашдаги нисбий хатони ҳисобланг.

466. Агар бешта бир хил ҳажмдаги эритмани титрлаш учун /мл да/ мос равишда 12,22; 12,20; 12,20; 12,18; 12,24, 0,0500 н аммоний роданид эритмасидан сарфланган бўлса, кумушнинг граммлардаги миқдорини аниқлашнинг тасодифий хатосини ҳисобга олиб ҳисобланг. Кальцийнинг комплексонометрик титрлаш ёрдамида аниқлашда тўртта параллел намунани титрлаш учун 15,75; 15,70; 15,80; 15,85 мл трилон Б сарфланди. Аниқлашнинг тасодифий хатосини ва аниқланадиган катталикнинг ишончлилиқ чегарасини  $\alpha = 0,95$  ҳисобланг.

467. Қотишма таркибидаги мисни комплексонометрик аниқлашда 5 та бир хил намунадан 0,1250; 0,1255; 0,1265; 0,1260; 0,1242 г мис аниқланган. Аниқлашнинг тасодифий хатосини ва аниқланадиган катталикнинг ишончлилиқ чегарасини ҳисобланг.

3-§. Титрлашнинг индикатор хатоси. Нейтраллаш усули. Индикатор хатоси систематик хато бўлиб, индикатор рангининг ўзгариши реакцияга киришувчи моддаларнинг эквивалент нуқтасига мос келмаслиги натижа-сида юзага келади.

Нейтраллаш усули бўйича титрлашда индикатор хатоси эквивалент нуқтадаги рН қийматининг қўлланиладиган индикаторнинг индикатор кўрсаткичи  $pT$  билан мос келмаслиги билан характерланади /иловадаги 10-жадвалга қаранг/. Нейтраллаш усулида хатолар водород, гидроксид, кислота, ишқор ва тузнинг титрлаш хатоларига бўлинади.

Водород хато ( $x_{\text{H}^+}$ ) си индикатор рангининг ўзгариш вақтида системада титрланмаган кучли кислотанинг бўлиши билан аниқланади ва қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$x_{\text{H}^+} = \frac{10^{-pT} \cdot V_2}{C_{\text{H}^+} \cdot V_1} \quad [9.7]$$

Бунда  $C_{\text{H}^+}$  — титрланадиган кислота нормаллиги;  $V_1$  — титрланадиган кислота ҳажми, мл;  $V_2$  — эритманинг титрлаш охиридаги ҳажми, мл.

*Масалалар ечишга доир намуналар*

1-масала. 0,1 н сирка кислота эритмасини шу концентрацияли натрий гидроксид эритмаси билан метилоранж индикатори  $pT = 4$  иштирокида титрлашдаги индикатор хатосини ҳисобланг.

Е ч и ш. Кучли кислотани кучли асос билан титрланганда эквивалент нуқтада  $pH=7$  бўлиши керак. Лекин метилоранжнинг титрлаш кўрсаткичи 4 га тенг бўлгани учун, титрлаш кислотали муҳит  $[pH=4]$  да тугайди. Бу вақтда титрланмай қолган кучли кислота эритмада бўлади. Шунинг учун:

$$x_{H^+} = \frac{10^{-pT} \cdot V_2}{C_{H^+} \cdot V_1} \cdot 100 = \frac{10^{-4} \cdot 2V_1}{0,1 \cdot V_1} \cdot 100 = -0,2\%$$

/минус ишораси эритмада титрланмай қолган кислотанинг, борлиги учун қўйилган/.

Гидроксид хато  $[x_{OH^-}]$  си индикатор рангининг ўзгариш ҳолатида системада титрланмай қолган кучли асоснинг бўлиши билан аниқланади ва қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$x_{OH^-} = \frac{10^{-14-pT} \cdot V_2}{C_{H^+} \cdot V_1} \cdot 100$$

2-масала. 0,1 н HCl эритмасини шундай концентрацияли ишқор эритмаси билан фенолфталеин  $[pT=9]$  иштирокида титрлашда индикатор хатосини ҳисобланг.

Е ч и ш. Фенолфталеин иштирокида титрлаш  $pH=9$  да ишқорий муҳитда тугайди. Бу вақтда индикатор рангининг ўзгариши билан эритмада қолдиқ ҳолида гидроксид ионлари бўлади. Шунинг учун хато қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$x_{OH^-} = + \frac{10^{-14-9} \cdot 2V_1}{0,1 \cdot V_1} \cdot 100 = +0,02\%$$

Хато мусбат қийматга эга. Чунки эритма тўлиқ титрланган.

Кислота хатоси индикатор рангининг ўзгариш вақтида системада титрланмай қолган кучсиз кислотанинг бўлиши билан аниқланади ва қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$x_{HAn} = \frac{[\text{титрланмай қолган кислота}]}{[\text{титрланган кислота}]} = 10^{pK-pT}$$

3-масала. 0,1 н сирка кислота эритмасини шундай концентрацияли натрий гидроксид эритмаси билан метилоранж  $[pT=4]$  иштирокида титрлашнинг хатосини ҳисобланг.

Е ч и ш. Кучли кислотани кучли асос билан титрлашда эквивалент нуқтада:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_K + \frac{1}{2} \lg C_K = 7 + \frac{1}{2} 4,73 + \frac{1}{2} 0,65 = 8,72$$

Титрлаш  $pH=pT=4$  да тугаганлиги учун системада титрланмаган кучсиз кислотадан қолади:

$$x_{HAn} = 10^{pK-pT} = 10^{4,73-4} = 10^{0,73}$$

$$\lg x_{HAn} = 0,73, \text{ бундан } x_{HAn} = 5,4$$

ёки

$$x_{\text{HAn}} = \frac{[\text{титрланмай қолган кислота}]}{[\text{титрланган кислота}]} = \frac{5,4}{1}$$

Агар ҳаммаси бўлиб 5,4 + 1 масса қисм кислота бўлган бўлса ва шундан 5,4 масса қисм кислота титрланмаган бўлса, у ҳолда:

$$\frac{5,4 + 1}{5,4} = \frac{100\%}{x\%} \quad x = \frac{5,4 \cdot 100\%}{6,4} = 84\%$$

Ишқорий хато ҳам худди кислота хатоси каби қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$x_{\text{MeOH}} = 10^{pK + pT - 14}$$

4-масала. 0,1 н  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасини шундай концентрацияли  $\text{HCl}$  эритмаси билан  $pT-9$  бўлган фенолфталеин иштирокида титрлашдаги хатони ҳисобланг.

Е ч и ш. Эквивалент нуқтада:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \lg C_a = 7 - \frac{1}{2} \cdot 4,75 - \frac{1}{2} \lg 0,05 = 5,28$$

бўлиши керак.

Титрлаш фенолфталеин иштирокида  $pH-9$  бўлганда тугайди [эритма тўлиқ титрланмаган]:

$$x_{\text{MeOH}} = 10^{4,75 + 9 - 14} = 10^{-0,25}$$

$$\lg x_{\text{MeOH}} = -0,25 = 1,75 \quad x_{\text{MeOH}} = 0,56$$

Бундан

$$\frac{0,56 + 1}{0,56} = \frac{100\%}{x\%} \quad x = \frac{0,56 \cdot 100\%}{1,56} = 0,36\%$$

Кўп асосли кислоталар ва уларнинг тузларини титрлашда қўлланиладиган индикаторнинг  $pT$  сига боғлиқ равишда титрлашнинг туз хатоси деб аталадиган хато бўлиши мумкин. Улар юқоридагиларга ухшаш ҳолда қуйидаги схема бўйича ҳисобга олинади: 1/ эквивалент нуқтада  $pH$  ҳисобланади; 2/ эквивалент нуқтанинг  $pH$  қиймати қўлланиладиган индикаторнинг  $pT$  қиймати билан солиштирилади; 3/ хато системадаги титрлашнинг охирида мос ионлар концентрациялари нисбатида ифодаланади.

5-масала.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ни бикарбонатгача фенолфталеин [ $pT-9$ ] иштирокида титрлашнинг хатосини ҳисобланг.

Е ч и ш. Эквивалент нуқтада

$$pH = \frac{pK_1 + pK_2}{2} = \frac{6,35 + 10,32}{2} = 8,33$$

Фенолфталеиннинг  $pT$  қиймати эквивалент нуқтанинг  $pH$  қийматидан катта бўлгани учун карбонат ионлари тўлиқ бикарбонат ионларига титрланмаган ва

$$x_{\text{Me}} = \frac{[\text{титрланмаган туз}]}{[\text{титрланган туз}]} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

Карбонат кислотанинг диссоциланиш константасидан  $\text{CO}_3^{2-}$  ва  $\text{HCO}_3^-$  ионлари концентрацияси топилади, яъни:

$$x_{\text{MeAn}} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{K}{[\text{H}^+]} = \frac{4,8 \cdot 10^{-11}}{10^{-9}} = 4,8 \cdot 10^{-2}$$

ёки процентларда

$$x_{\text{MeAn}} = 4,8 \cdot 10^{-2} \cdot 100\% = 4,8\%$$

Оксидланиш-қайтарилиш усули. Оксидланиш-қайтарилиш усулида индикатор хатоси индикатор нормал оксидланиш-қайтарилиш потенциали қийматининг /иловдаги 10-жадвалга қаранг/ системанинг эквивалент нуқтасидаги потенциали қиймати билан мос келмаслиги ҳисобига юзага келади. Агар ишчи эритма сифатида оксидловчи эритмаси ишлатилса, эквивалент нуқтагача бўлган хато  $|\Delta|$  қуйидаги тенглама асосида ҳисобланади:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{-\Delta}{100 - |\Delta|} \quad (9.8)$$

бунда:  $E$  — титрлашнинг охириги нуқтасидаги система потенциали;  $E_0$  — титрланувчи қайтарувчининг нормал потенциали.

Титрлаш эквивалент нуқтага етгандан кейин хатони ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама қўлланилади:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{\Delta}{100} \quad (9.9)$$

Титрлашни охиригача борган ёки бормаганини аниқлаш учун системанинг эквивалент нуқтадаги потенциали қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$E_0 = \frac{aE'_0 + \nu E''_0}{a + \nu} \quad (9.10)$$

бунда  $a$  ва  $\nu$  — реакцияда иштирок этадиган оксидловчи ва қайтарувчиларнинг электронлари сони /мос равишда/;  $E'_0$  ва  $E''_0$  — нормал оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари қийматлари.

Олинган потенциал қиймати титрлаш тугагандаги система потенциали билан солиштирилади.

**1-масала.** Потенциал 910 мВ бўлгунча икки валентли темирни  $\text{KMnO}_4$  билан титрлаш хатосини ҳисобланг.

Ечиш. Эквивалент нуқтада:

$$E_0 = \frac{1 \cdot 770 + 5 \cdot 1520}{1 + 5} = 1395 \text{ мВ}$$

1395 мВ > 910 мВ бўлгани учун  $E = 910$  мВ да  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  эритмаси тўлиқ титрланмайди ва хато қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$E = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 - 58 \lg \frac{-\Delta}{100 - |-\Delta|};$$

$$910 = 770 - 58 \lg \frac{-\Delta}{100 - |-\Delta|};$$

$$\frac{910 - 770}{58} = - \lg \frac{-\Delta}{100 - |-\Delta|}; \quad \lg \frac{-\Delta}{100} = \bar{3},59; \quad \Delta = -0,39\%.$$

Титрлашнинг чўкма ва комплекс ҳосил қилиш усуллари. Чўкма ҳосил қилиш усулида индикатор сифатида ишчи эритма билан қийин эрийдиган бирикма ҳосил қиладиган модда қўлланилади. Агар индикатор тўғри танланган бўлса иловадаги 10-жадвалга қаранг/ титрлашнинг эквивалент нуқтасидан кейин чўкма тушади. Шунинг учун титрлаш хатоси мусбат бўлади.

Абсолют хато металл ионининг титрлаш охиридаги концентрацияси  $[M]_0$  билан металл ионининг эквивалент нуқтадаги концентрацияси  $[M]_э$  орасидаги фарқ орқали аниқланади.

$[M]_0$  ва  $[M]_э$  ларнинг қийматлари мос ҳолдаги қийин эрувчан чўкмаларнинг эрувчанлик кўпайтмалари қийматларидан ҳисобланади.

#### Масалалар ечишга доир намуналар

1-масала. 25 мл  $\text{NaCl}$  эритмасини 0,01 М 2 мл  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  эритмаси иштирокида 0,05 М  $\text{AgNO}_3$  эритмаси билан титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг ( $\text{ЭК}_{\text{AgCl}} = 1,6 \cdot 10^{-10}$ ,  $\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 2 \cdot 10^{-12}$ ).

Ечиш.  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  нинг титрланадиган эритмадаги концентрацияси:

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{2 \cdot 0,01}{25} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

$8 \cdot 10^{-4}$  М эритмадан  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  чўкмасини ҳосил қилиш учун:

$$[\text{Ag}^+]_0 = \sqrt{\frac{\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{[\text{CrO}_4^{2-}]}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-12}}{8 \cdot 10^{-4}}} = 0,5 \cdot 10^{-4}$$

Эквивалент нуқтада:

$$[\text{Ag}^+]_э = \sqrt{\text{ЭК}_{\text{AgCl}}} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-10}} = 1,27 \cdot 10^{-5}$$

У ҳолда титрлашнинг нисбий хатоси

$$\Delta_n = \frac{0,5 \cdot 10^{-4} - 1,27 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-2}} \cdot 100 = 0,075\%$$

Комплексонометрияда индикатор хатосини ҳисоблаш учун Рингбом тенгласидан фойдаланилади:

$$\Delta\% = \frac{460 \cdot \Delta pM}{[M] \cdot K'_{MY}} \quad (9.11)$$

бунда:  $K'_{MY}$  — трилонатнинг эффе́ктив барқарорлик константаси;  $[M]$  — металл ионининг эритмадаги умумий концентрацияси;  $\Delta pM$  — металл ионлари концентрациясини титрлашнинг охири нуқтаси  $[pM_0]$  даги ва эквивалент нуқтадаги қийматлари  $[pM_3]$  орасидаги фарқ. [Тажриба йўли билан кўз ёрдамида эквивалент нуқтани ўрнатиш учун  $pM-0,5$  эканлиги аниқланган.]

Эффе́ктив барқарорлик константаси қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$K'_{MY} = \frac{K_{MY}}{a_H \cdot \beta_{NH_3}} \quad (9.12)$$

бунда:  $K'_{MY}$  — трилонатнинг барқарорлик константаси [иловадаги 12-жадвалга қаранг];  $a_H$  — берилган pH да водород билан боғланмаган трилонат иони миқдори;  $\beta_{NH_3}$  — аммиак билан комплекс ҳосил қилмаган металл иони миқдори.

$a_H$  нинг pH га боғлиқлиги иловадаги 13-жадвалда берилган.

Агар  $Me$  — ионлари аммиак билан комплекс ҳосил қилмаса, трилонатнинг эффе́ктив барқарорлик константаси қуйидагича ҳисобланади:

$$K'_{MY} = \frac{K_{MY}}{a_H}$$

2-масала. Агар алюминий трилонатнинг барқарорлик константаси  $10^{16,1}$  га тенг бўлса,  $10^{-3} M AlCl_3$  эритмасини  $pH \approx 3$  бўлганда эриохром қора индикатори иштирокида трилон Б билан титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

Е ч и ш.

$$K'_{MY} = \frac{K_{MY}}{a_H} = \frac{10^{16,1}}{10^{10,6}} = 10^{5,5}$$

$$\Delta_n = \frac{460 \cdot \Delta pM}{[M] K'_{MY}{}^{1/2}} = \frac{460 \cdot 0,5}{[10^{-3} \cdot 10^{5,5}]^{1/2}} = 12,8\%$$

Агар эритмада 2 та металл  $[M$  ва  $M^*]$  иони бўлса, у ҳолда титрлашнинг индикатор хатоси қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$\Delta\% = 460 \cdot \Delta pM \left( \frac{[M^*] K'_{MY} \cdot \beta}{[M] K'_{MY} \cdot \beta^*} \right)^{1/2} \quad (9.13)$$

бунда  $[M]$  ва  $[M^* - M]$  ва  $M^*$  нонларининг умумий концентрациялари;  $K'_{M'Y}$  ва  $K'_{MY}$  — мос равишдаги трилонатларнинг барқарорлик константалари;  $\beta$  ва  $\beta^*$  — аммиак билан комплексга боғланмаган  $M$  ва  $M^*$  нонлари миқдорлари.

### Мустақил ечиш учун масалалар

468. 0,1 н 10 мл  $HCl$  эритмасини 0,1 н  $NaOH$  эритмаси билан ( $pT=9$ ) фенолфталеин иштирокида титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

469. 0,01 н  $H_2SO_4$  эритмасини 0,01 н  $NaOH$  эритмаси билан метил қизил ( $pT=5$ ) индикатори иштирокида титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

470. Фенолфталеин иштирокида 0,01 н 20 мл  $HCl$  эритмасини 0,01 н  $NaOH$  билан титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

471. Ишқор эритмаси концентрациясини аниқлашда 20 мл учун 25 мл 0,01 н  $HCl$  эритмаси сарфланган. Индикатор сифатида фенолфталеин ишлатилган. Титрлаш хатосини ҳисобланг.

472. Метил қизили ( $pT=5$ ) иштирокида 0,1 н  $HF$  ( $pK_{HF}=3,13$ ) эритмаси шундай концентрацияли  $NaOH$  эритмаси билан титрланди. Титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

473. 0,01 н  $CH_3COOH$  эритмасини 0,01 н  $KOH$  билан лакмус ( $pT=7$ ) иштирокида титрланди. Индикатор хатосини ҳисобланг.

474. 0,1 н  $NH_4OH$  эритмаси шундай концентрацияли  $HNO_3$  эритмаси билан лакмус ( $pT=7$ ) иштирокида титрланди. Титрлаш хатосини ҳисобланг.

475. Метилоранж ( $pT=4$ ) иштирокида 25 мл 0,1 н  $HCl$  эритмаси шундай концентрацияли  $NaOH$  эритмаси билан титрланди. Титрлаш хатосини ҳисобланг.

476. 0,1 н  $NH_4OH$  эритмасини 0,1 н  $HCl$  метилоранж иштирокида титрланди. Индикатор хатосини ҳисобланг.

477. 0,1 н натрий метаборат эритмаси билан фенолфталеин ( $pT=9$ ) ва метилоранж иштирокида титрланди. Индикаторлар хатосини ҳисобланг.

478. Борат кислотани глицерин иштирокида титрлаш учун 0,1 н  $NaOH$  эритмасидан 12,50 мл анализ фенолфталеин ( $pT=9$ ) иштирокида титрланди. Бўлса, индикатор хатосини ҳисобга олиб миқдорини ҳисобланг.

п  
ар  
ган  
кислота

479. Қайси индикатор ёрдамида фенол қизилими (pT-8) ёки фенолфталеин (pT-9) 0,1 н HCl эритмасини шундай концентрацияли NaOH эритмаси билан титрлаганда хатога камроқ (неча марта) йўл қўйиш мумкин?

480. HCl эритмаси концентрацияси фенолфталеин иштирокида NaOH эритмаси ёрдамида аниқланди. 10 мл кислотани титрлаш учун 0,08 н NaOH эритмасидан 22,20 мл сарфланди. Кислота концентрациясини ва индикатор хатосини ҳисобланг.

481. Учта индикатор — метилоранж (pT-4), метил қизили (pT-5) ва фенолфталеин (pT-9) дан қайси бири 20 мл 0,1 н роданид кислота эритмасини шундай концентрацияли NaOH эритмаси билан титрлашга яроқсиз? Индикаторлар хатосини солиштиринг.

482. 0,2368 г намунадан тайёрланган натрий бикарбонат ва карбонатлар аралашмаси эритмасини 0,1 н HCl эритмаси билан титрлаганда эритмадан фенолфталеин иштирокида (pT-8) 8 мл, метилоранж иштирокида эса 20 мл сарф бўлди. Титрлашнинг индикатор хатоларини ҳисобга олиб, аралашманинг процент таркибини ҳисобланг.

483. Аммоний тузлари таркибидан аммиакни аниқлаш учун 0,60052 г намуна сувда эритилган ва унинг устига 50 мл 0,08 н NaOH эритмасидан қуйилган. Қайнатиш натижасида аммиак тўлиқ ҳайдалгач, эритmani титрлаш учун 0,1 н HCl эритмасидан 33 мл сарфланган. Агар титрлаш метилоранж (pT-4) иштирокида олиб борилган бўлса, индикатор хатосини ҳисобга олиб, аммиакнинг процент миқдорини ҳисобланг.

484. 20 мл 0,1 н NaOH эритмаси фенолфталеин иштирокида титрланганда 0,1 н HCl эритмасидан 20 мл сарфланган. Агар NaOH эритмаси  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  билан ифлосланган бўлса, индикатор хатоси қандай ўзгаради?

485. Агар  $\text{H}_2\text{O}_2$  эритмасини титрлаш учун 0,05 н  $\text{KMnO}_4$  эритмасидан 12 мл сарфланган бўлса, эквивалент нуқтани ўрнатилиши ҳисобига перманганатометриядаги титрлаш хатоси нимага тенг бўлади? Томчи ҳажми 0,002 мл. Агар титрлаш учун 0,12 н  $\text{KMnO}_4$  эритмаси ишлатилса, бу хато неча марта катта бўлади?

486. Икки валентли темирни 910 мВ, 790 мВ потенциалгача  $\text{KMnO}_4$  билан титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

487.  $\text{FeSO}_4$  эритмасини фенилантранил кислотаси  $/E_0 = +1,08 \text{ В}$ / иштирокида  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмаси билан титрлашнинг индикатор хатоси қандай?

488. Икки валентли темирни  $K_2Cr_2O_7$  эритмаси билан ферроин  $/E_0 = 1,14 \text{ В}/$  иштирокида титрлашнинг индикатор хатоси фенилантранил кислота иштирокига қараганда неча марта кичик?

489. Темир  $/II/$ -сульфатни система потенциали  $E = 850 \text{ мВ}$  бўлгунча титрлаш учун  $0,05 \text{ н}$   $KMnO_4$  эритмасидан  $25 \text{ мл}$  сарфланди. Аниқлашнинг индикатор хатосини ва шу хатони ҳисобга олиб темирнинг граммлардаги миқдорини ҳисобланг.

490. Агар  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  ва  $Cr_2O_7^{2-}/2Cr^{3+}$  реал жуфтларининг потенциаллари мос равишда  $+0,68$  ва  $1,15 \text{ В}$  га тенг бўлса,  $4 \text{ М}$   $H_2SO_4$  эритмаси иштирокида  $Fe^{2+}$  ни  $K_2Cr_2O_7$  билан титрлашнинг хатосини назарий ҳисобланг.

491.  $Sn /II/$  эритмасини  $Fe /III/$  эритмаси билан метил кўки иштирокида титрлаш потенциали  $+0,532 \text{ В}$  бўлганда, фенил кўки ишлатилганда эса  $+0,640 \text{ В}$  да тугайди. Қайси индикатор ишлатилганда титрлаш хатоси неча марта кам бўлади?

492. Агар  $NaBr$  ва  $NaI$  эритмаси аралашмасини хлорли сув билан титрлаш система потенциали  $+1,006 \text{ В}$  га тенг бўлганда тугагандаги титрлаш хатосини ҳисобланг.

493. Агар  $\Delta K_{Ag_2CrO_4} = 2 \cdot 10^{-12}$  бўлса,  $20 \text{ мл}$   $KCl$  ни  $1 \text{ мл}$   $0,01 \text{ М}$  калий хромат эритмаси иштирокида  $0,05 \text{ М}$  ли кумуш нитрат эритмаси билан титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

494.  $25,00 \text{ мл}$  натрий хлоридни  $0,1 \text{ М}$  ли кумуш нитрат эритмаси билан  $0,5 \text{ мл}$   $5\%$  ли  $K_2CrO_4$  иштирокида титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

495.  $30 \text{ мл}$   $KCl$   $1 \text{ мл}$   $3\%$  ли  $K_2CrO_4$  эритмаси иштирокида  $pAg = 2$  бўлгунча титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

496.  $10 \text{ мл}$   $NH_4Cl$  ни  $0,05 \text{ М}$   $AgNO_3$  эритмаси билан  $0,5 \text{ мл}$   $0,02 \text{ М}$   $K_2CrO_4$  иштирокида титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

497.  $20 \text{ мл}$   $NaBr$   $2 \text{ мл}$   $0,01 \text{ М}$   $K_2CrO_4$  эритмаси иштирокида  $pAg = 2$  бўлгунча титрлашдаги индикатор хатосини ҳисобланг.

498.  $0,0001 \text{ М}$   $CdCl_2$  эритмасини трилон Б эритмаси билан  $pH = 10$  бўлган  $0,1 \text{ н}$  аммиакли буферда хромоген қора иштирокида титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

499.  $0,02 \text{ М}$  рух тузи эритмасини хромоген қора иштирокида трилон Б билан  $pH = 10$  бўлган аммиакли буфер аралашмада титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

500. 0,001 *M* икки валентли мис тузи эритмасини трилон Б билан мурексид иштирокида 0,1 н аммиакли эритмада титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

501. 0,01 *M*  $MgCl_2$  эритмасини трилон Б билан pH-9 да хромоген қора иштирокида титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

502. 0,001 *M* кобальт /II/- хлорид эритмасини трилон Б билан мурексид иштирокида  $pNH_3$  и 4 га, pH и эса 8 га тенг бўлган аммиакли эритмада титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

503. 0,02 *M* никель тузи эритмасини трилон Б билан мурексид иштирокида pH-11 бўлган 1 н аммиакли эритмада титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобланг.

504. 20 мл тахминан 0,01 *M* икки валентли симоб тузи эритмасига 10 мл 0,01 *M* магний трилонат қўшилган. Олинган аралашма эриохром қора индикатори иштирокида 0,01 *M* трилон Б /pH-9, pT-2/ билан титрланганда 18,50 мл эритма сарфланган. Симоб тузи эритмаси концентрацияси титрлашнинг индикатор хатосини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланг.

Элементларнинг атом массалари ( $^{12}\text{C} = 12$ )

Элемент	Белги- си	Атом массаси	Элемент	Белги- си	Атом массаси
1	2	3	4	5	6
Азот	N	14,0067	Лоуренсий	Zr	256
Актиний	Ac	227	Лютеций	Lu	174,97
Алюминий	Al	26,9815	Магний	Mg	24,305
Америций	Am	243	Марганец	Mn	54,9380
Аргон	Ar	39,948	Мис	Cu	63,546
Астат	At	210	Менделеевий	Md	257
Барий	Ba	137,34	Молибден	Mo	95,94
Бериллий	Be	9,01218	Маргимуш	As	74,9216
Берклий	Bk	297	Натрий	Na	22,9897
Бор	B	10,811	Неодим	Nd	144,24
Бром	Br	79,904	Неон	Ne	20,179
Ванадий	V	50,9414	Нептуний	Np	237,0482
Висмут	Bi	208,9804	Никель	Ni	58,71
Водород	H	1,0079	Ниобий	Nb	92,9064
Вольфрам	W	183,85	Нобелий	No	255
Гадолиний	Gd	157,25	Қалай	Sn	118,69
Галлий	Ga	69,72	Осний	Os	190,2
Гафний	Hf	178,49	Падладий	Pd	106,4
Гелий	He	4,00260	Платина	Pt	195,09
Германий	Ge	72,59	Плутоний	Pu	242
Гольмий	Ho	164,9340	Полоний	Po	210
Диспрозий	Dy	162,50	Празеодим	Pr	140,9077
Европий	Eu	151,96	Прометий	Pm	147,145
Темир	Fe	55,847	Протактиний	Pa	231,0359
Олтин	Au	196,9665	Радий	Ra	226,0254
Индий	In	114,82	Радон	Rn	222
Йод	I	126,9045	Рений	Re	186,2
Иридий	Ir	192,22	Родий	Rh	102,9055
Иттербий	Vb	173,04	Симоб	Hg	200,59
Иттрий	V	88,9059	Рубидий	Rb	85,4678
Кадмий	Cd	112,40	Рутений	Ru	101,07
Калий	K	39,098	Самарий	Sm	150,4
Калифорний	Cf	249,	Қўрғошин	Pb	207,2
Кальций	Ca	40,08	Селен	Se	78,96
Кислород	O	15,9994	Олтингугурт	C	32,06
Кобальт	Co	58,9332	Кумуш	Ag	107,868
Кремний	Si	28,086	Скандий	Sc	44,9559
Криптон	Kr	83,80	Стронций	Sr	87,62
Ксенон	Xe	131,30	Сурьма	Sb	121,75
Курчатовий	Ku	264	Таллий	Tl	204,37
Кюрий	Cm	247	Тангал	Ta	180,9479
Лантан	La	138,9055	Теллур	Te	127,60
Литий	Li	6,94	Тербий	Tb	158,9254
Технеций	Tc	99,97	Фтор	F	18,9984
Титан	Ti	47,90	Хлор	Cl	35,453

## 1- жадвалнинг давоми

1	2	3	4	5	6
Торий	Th	232,0381	Хром	Cr	51,996
Тулий	Tu	169,9342	Цезий	Cs	132,9054
Углерод	C	12,011	Церий	Ce	140,12
Уран	U	238,029	Рух	Zn	65,38
Фермий	Fm	257	Цирконий	Zr	91,22
Фосфор	P	36,97376	Эйнштейний	Es	254,256
Франций	Fr	223	Эрбий	Er	167,26

2- жадвал

## Ионларнинг Уртача активлик коэффициентлари

Ион кучи	Ион заряди				Ион кучи	Ион заряди			
	1	2	3	4		1	2	3	4
0,0001	0,99	0,95	0,90	0,83	0,2	0,30	0,41	0,14	0,03
0,0002	0,98	0,94	0,87	0,77	0,3	0,81	0,42	0,14	0,03
0,0005	0,97	0,90	0,80	0,67	0,4	0,82	0,45	0,17	0,04
0,001	0,96	0,86	0,73	0,56	0,5	0,84	0,50	0,21	0,06
0,002	0,95	0,81	0,64	0,45	0,6	0,87	0,56	0,27	0,10
0,005	0,92	0,72	0,51	0,30	0,7	0,89	0,63	0,36	0,16
0,01	0,89	0,63	0,39	0,18	0,8	0,92	0,72	0,48	0,27
0,02	0,87	0,57	0,28	0,12	0,9	0,96	0,83	0,66	0,48
0,05	0,84	0,50	0,21	0,06	1,0	0,99	0,96	0,91	0,85
0,1	0,81	0,44	0,16	0,04					

3- жадвал

Кучсиз кислота ва асосларнинг (25° С) диссоциланиш константалари

## Кислоталар

Кислоталарнинг номи	Формуласи	Диссоциланиш константаси, $K$	$pK = -\lg K$
1	2	3	4
Нитрат кислота	$HNO_3$	$K = 4,0 \cdot 10^{-4}$	$pK = 3,40$
Ортоборат кислота	$H_3BO_3$	$K_1 = 6 \cdot 10^{-10}$	$pK_1 = 9,22$
		$K_2 = 1,8 \cdot 10^{-13}$	$pK_2 = 12,74$
		$K_3 = 1,6 \cdot 10^{-14}$	$pK_3 = 13,80$
Тетраборат кислота	$H_2B_4O_7$	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-4}$	$pK_1 = 4,00$
Вино кислота	$H_2C_4H_4O_6$	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-9}$	$pK_1 = 9,00$
		$K_2 = 4,6 \cdot 10^{-5}$	$pK_2 = 4,34$
Водород пероксид	$H_2O_2$	$K_1 = 2,0 \cdot 10^{-12}$	$pK_1 = 11,70$
Силикат кислота	$H_2SiO_3$	$K_2 = 1,0 \cdot 10^{-25}$	$pK_2 = 25,06$
		$K_1 = 3,2 \cdot 10^{-10}$	$pK_1 = 9,50$
Чумоли кислота	$HCOOH$	$K_3 = 1,6 \cdot 10^{-12}$	$pK_3 = 11,80$
		$K = 1,5 \cdot 10^{-4}$	$pK = 3,82$
Ортоарсенат кислота	$H_3AsO_4$	$K_1 = 5 \cdot 10^{-3}$	$pK_1 = 2,30$
		$K_2 = 1,6 \cdot 10^{-7}$	$pK_2 = 6,80$

1	2	3	4
Метаарсенат кислота	$\text{HAsO}_2$	$K_3 = 3,2 \cdot 10^{-12}$	$pK_3 = 11,5$
Ортоарсенит кислота	$\text{H}_3\text{AsO}_3$	$K = 6,0 \cdot 10^{-10}$	$pK = 9,22$
Станнит кислота	$\text{H}_2\text{SnO}_2$	$K = 6 \cdot 10^{-6}$	$pK = 5,22$
Станниат кислота	$\text{H}_2\text{SnO}_3$	$K = 1 \cdot 10^{-15}$	$pK = 15,00$
Фторид кислота	$\text{HF}$	$K = 4 \cdot 10^{-10}$	$pK = 9,40$
Сульфат кислота	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$K = 6,3 \cdot 10^{-1}$	$pK = 3,20$
Сульфит кислота	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$K = 1,0 \cdot 10^{-2}$	$pK = 2,00$
		$K_1 = 1,75 \cdot 10^{-2}$	$pK_1 = 1,76$
Сульфид кислота	$\text{H}_2\text{S}$	$K_2 = 6,3 \cdot 10^{-8}$	$pK_2 = 7,20$
		$K_1 = 5,7 \cdot 10^{-8}$	$pK_1 = 7,24$
Стибиат кислота	$\text{H}_3\text{SbO}_4$	$K_2 = 1,2 \cdot 10^{-15}$	$pK_2 = 14,92$
Стибиит кислота	$\text{HSbO}_2$	$K_1 = 4 \cdot 10^{-5}$	$pK_1 = 4,40$
Карбонат кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$K = 1 \cdot 10^{-11}$	$pK = 11,00$
		$K_1 = 3 \cdot 10^{-7}$	$pK_1 = 6,52$
Сирка кислота	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$K_2 = 6 \cdot 10^{-11}$	$pK_2 = 10,22$
Фосфит кислота	$\text{H}_3\text{PO}_3$	$K = 1,8 \cdot 10^{-5}$	$pK = 4,74$
		$K_1 = 5 \cdot 10^{-2}$	$pK_1 = 1,30$
Ортофосфат	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$K_2 = 2 \cdot 10^{-5}$	$pK_2 = 4,70$
		$K_1 = 1,1 \cdot 10^{-2}$	$pK_1 = 1,96$
		$K_2 = 2,0 \cdot 10^{-7}$	$pK_2 = 6,70$
Пирофосфат	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$K_3 = 3,6 \cdot 10^{-13}$	$pK_3 = 12,44$
		$K_1 = 1,4 \cdot 10^{-1}$	$pK_1 = 0,85$
		$K_2 = 1 \cdot 10^{-2}$	$pK_2 = 2,00$
		$K_3 = 2 \cdot 10^{-7}$	$pK_3 = 6,70$
Хлорат	$\text{HClO}_2$	$K_4 = 4 \cdot 10^{-10}$	$pK_4 = 9,40$
Хлорит	$\text{HClO}$	$K = 5 \cdot 10^{-3}$	$pK = 2,3$
Хромат	$\text{H}_2\text{CrO}_4$	$K = 3,2 \cdot 10^{-8}$	$pK = 7,50$
Цианид	$\text{HCN}$	$K_1 = 1,8 \cdot 10^{-1}$	$pK_1 = 0,75$
Оксалат	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$K = 7 \cdot 10^{-10}$	$pK = 9,15$
		$K_1 = 3,8 \cdot 10^{-2}$	$pK_1 = 1,42$
		$K_2 = 3,5 \cdot 10^{-5}$	$pK_2 = 4,46$

## Асослар

Асослар	Формуласи	Диссоциацияни константаси, $K$	$pK = -\lg K$
Аммоний гидроксиди	$\text{NH}_4\text{OH}$	$K = 1,8 \cdot 10^{-5}$	$pK = 4,74$
Бензидин	$\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{N}_2$	$K_1 = 9,3 \cdot 10^{-10}$	$pK_1 = 9,03$
Гидразин	$\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$K = 3 \cdot 10^{-6}$	$pK_2 = 5,52$
Гидроксиламин	$\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	$K = 1,1 \cdot 10^{-8}$	$pK = 8,0$
Арсенат гидроксиди	$\text{As}(\text{OH})_3$	$K = 1,0 \cdot 10^{-14}$	$pK = 14,0$
Кўрғошнинг гидроксиди	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$K = 9,6 \cdot 10^{-1}$	$pK = 3,02$
Рух гидроксиди	$(\text{ZnON})_2$	$K_1 = 4,0 \cdot 10^{-5}$	$pK = 4,40$
		$K_2 = 1,5 \cdot 10^{-9}$	$pK = 8,82$

Кучли кислота, асос ва аммиак эритмаларининг (25° С) солиш-  
тирма массалари г/см<sup>3</sup>

%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	KOH*	NaOH	NH <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7
2	1,012	1,009	1,008	1,016	1,021	0,990
4	1,025	1,020	1,018	1,033	1,043	0,981
6	1,038	1,031	1,028	1,048	1,065	0,973
8	1,052	1,043	1,038	1,065	1,087	0,965
10	1,066	1,054	1,047	1,082	1,109	0,958
12	1,080	1,066	1,057	1,100	1,131	0,950
14	1,095	1,078	1,068	1,118	1,153	0,943
16	1,109	1,090	1,078	1,137	1,175	0,936
18	1,124	1,103	1,088	1,156	1,197	0,930
20	1,139	1,115	1,098	1,176	1,219	0,923
22	1,155	1,128	1,108	1,196	1,241	0,916
24	1,170	1,140	1,119	1,217	1,263	0,910
26	1,186	1,153	1,129	1,240	1,285	0,904
28	1,202	1,167	1,139	1,263	1,306	0,898
30	1,219	1,180	1,149	1,286	1,328	0,892
32	1,235	1,193	1,159	1,310	1,349	—
34	1,252	1,207	1,169	1,334	1,370	—
36	1,268	1,221	1,179	1,358	1,390	—
38	1,284	1,234	1,189	1,384	1,410	—
40	1,303	1,246	—	1,411	1,430	—
42	1,321	1,259	—	1,437	1,449	—
44	1,338	1,272	—	1,460	1,469	—
46	1,357	1,285	—	1,485	1,487	—
48	1,376	1,298	—	1,511	1,507	—
50	1,395	1,310	—	1,538	1,525	—
52	1,415	1,322	—	1,564	—	—
54	1,435	1,334	—	1,590	—	—
56	1,456	1,345	—	1,616	—	—
58	1,477	1,356	—	—	—	—
60	1,498	1,367	—	—	—	—
62	1,520	1,372	—	—	—	—
64	1,542	1,387	—	—	—	—
66	1,565	1,396	—	—	—	—
68	1,587	1,405	—	—	—	—
70	1,611	1,413	—	—	—	—
72	1,634	1,422	—	—	—	—
74	1,657	1,430	—	—	—	—
76	1,681	1,438	—	—	—	—
78	1,704	1,445	—	—	—	—
80	1,727	1,452	—	—	—	—
82	1,749	1,459	—	—	—	—
84	1,769	1,466	—	—	—	—
86	1,787	1,472	—	—	—	—
88	1,802	1,477	—	—	—	—
90	1,814	1,483	—	—	—	—

\*KOH эритмасининг солиштирма массаси 15°С да берилган.

1	2	3	4	5	6	7
92	1,824	1,487	—	—	—	—
94	1,8312	1,491	—	—	—	—
96	1,8355	1,495	—	—	—	—
98	1,8365	1,501	—	—	—	—
100	1,8305	1,513	—	—	—	—

## 5- жадвал

## Кам эрувчан моддаларнинг (25°C) эрувчанлик кўпайтмаси

Модда	Эрувчанлик кўпайтмаси		Модда	Эрувчанлик кўпайтмаси	
	ЭК	рЭК		ЭК	рЭК
Арсенатлар			Ni(OH) <sub>2</sub>	1,1 · 10 <sup>-14</sup>	13,96
Ag <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	1 · 10 <sup>-22</sup>	22,00	Pb(OH) <sub>2</sub>	7 · 10 <sup>-16</sup>	15,15
Арсенитлар			Pb(OH) <sub>4</sub>	3,2 · 10 <sup>-66</sup>	65,49
Ag <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	4,5 · 10 <sup>-19</sup>	18,35	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (PbO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , 2Pb <sup>2+</sup> )	3,2 · 10 <sup>-51</sup>	50,49
Ацетатлар			SbOOH(SbO <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> )	1 · 10 <sup>-17</sup>	17,00
CH <sub>3</sub> COOAg	2 · 10 <sup>-3</sup>	2,70	HStO <sub>2</sub> (H <sup>+</sup> , SbO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	1 · 10 <sup>-10</sup>	10,00
(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Hg <sub>2</sub>	3 · 10 <sup>-15</sup>	14,00	Sn(OH) <sub>2</sub>	1 · 10 <sup>-27</sup>	27,0
Боратлар			Sn(OH) <sub>4</sub>	1 · 10 <sup>-56</sup>	56,00
AgVO <sub>2</sub>	3,6 · 10 <sup>-3</sup>	2,48	Sr(OH) <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>-4</sup>	3,92
Броматлар			Ti(OH) <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-35</sup>	35,00
AgBrO <sub>3</sub>	4 · 10 <sup>-5</sup>	4,48	Zn(OH) <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-17</sup>	16,30
KBrO <sub>3</sub>	6,3 · 10 <sup>-2</sup>	1,20	Йодатлар		
Pb(BrO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2 · 10 <sup>-2</sup>	1,70	AgIO <sub>3</sub>	1,5 · 10 <sup>-3</sup>	7,82
Бромидлар			Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,3 · 10 <sup>-2</sup>	8,89
AgBr	5 · 10 <sup>-13</sup>	12,30	Ca(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3 · 10 <sup>-6</sup>	5,52
CuBr	5,0 · 10 <sup>-9</sup>	8,30	Pb(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,2 · 10 <sup>-13</sup>	12,49
PbBr <sub>2</sub>	6,3 · 10 <sup>-6</sup>	5,2	Йодидлар		
Ванадатлар			AgI	1 · 10 <sup>-16</sup>	16,00
AgVO <sub>3</sub>	1,3 · 10 <sup>-10</sup>	9,89	CuI	2 · 10 <sup>-18</sup>	7,30
Вольфрамитлар			Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-29</sup>	28,30
Ag <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	5,0 · 10 <sup>-10</sup>	9,30	HgI <sub>2</sub>	3,2 · 10 <sup>-29</sup>	28,40
Гидроксидлар			PbI <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>-8</sup>	7,92
AgOH	2 · 10 <sup>-8</sup>	7,70	Карбонатлар		
Al(OH) <sub>3</sub>	2 · 10 <sup>-33</sup>	32,70	Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8 · 10 <sup>-12</sup>	11,10
			BaCO <sub>3</sub>	8,1 · 10 <sup>-9</sup>	8,09
			CaCO <sub>3</sub>	9,0 · 10 <sup>-9</sup>	8,05
			CdCO <sub>3</sub>	2,5 · 10 <sup>-14</sup>	13,60

Модда	Эрувчанлик кулайтмаси		Модда	Эрувчанлик кулайтмаси	
	ЭК	рЭК		ЭК	рЭК
Ba(OH) <sub>2</sub>	1,6 · 10 <sup>-3</sup>	2,80	CoCO <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-12</sup>	12,06
Be(OH) <sub>2</sub>	1 · 10 <sup>-20</sup>	20,00	CuCO <sub>3</sub>	1,4 · 10 <sup>-10</sup>	9,85
Bi(OH) <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-30</sup>	30,00	FeCO <sub>3</sub> <sup>a</sup>	2,1 · 10 <sup>-11</sup>	10,68
BiO(OH)(BiO <sup>+</sup> OH <sup>-</sup> )	3,0 · 10 <sup>-12</sup>	11,52	Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	9 · 10 <sup>-17</sup>	16,05
Ca(OH) <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-5</sup>	4,30	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4 · 10 <sup>-3</sup>	2,40
Cd(OH) <sub>2</sub>	2,3 · 10 <sup>-14</sup>	13,64	MgCO <sub>3</sub>	2 · 10 <sup>-4</sup>	3,7
Cr(OH) <sub>3</sub>	5 · 10 <sup>-31</sup>	30,30	MnCO <sub>3</sub>	8,8 · 10 <sup>-11</sup>	10,06
Co(OH) <sub>2</sub>	1,3 · 10 <sup>-15</sup>	14,89	NiCO <sub>3</sub>	1,4 · 10 <sup>-7</sup>	6,85
Co(OH) <sub>3</sub>	2,5 · 10 <sup>-43</sup>	42,60	PbCO <sub>3</sub>	3,3 · 10 <sup>-14</sup>	13,48
CuOH	1,6 · 10 <sup>-30</sup>	29,80	SrCO <sub>3</sub>	1,4 · 10 <sup>-9</sup>	9,85
Cu(OH) <sub>2</sub>	1,6 · 10 <sup>-19</sup>	18,80	ZnCO <sub>3</sub>	6 · 10 <sup>-11</sup>	10,22
Fe(OH) <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-15</sup>	14,30	<b>Сульфидлар</b>		
Fe(OH) <sub>3</sub>	1,1 · 10 <sup>-36</sup>	35,96	Cu <sub>2</sub> S	1,0 · 10 <sup>-30</sup>	30,00
Mg(OH) <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>-11</sup>	10,92	CuS	8,5 · 10 <sup>-15</sup>	44,07
Mn(OH) <sub>2</sub>	4,0 · 10 <sup>-14</sup>	13,40	FeS	2,5 · 10 <sup>-10</sup>	19,00
<b>Кобальтнит- ритлар</b>			Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-88</sup>	88,00
K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	2 · 10 <sup>-11</sup>	10,70	HgS	4 · 10 <sup>-53</sup>	52,40
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Na[Co (NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	1,6 · 10 <sup>-12</sup>	11,80	MnS	1,4 · 10 <sup>-15</sup>	14,85
<b>Молибдатлар</b>			MnS	1 · 10 <sup>-22</sup>	22,00
Ag <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	3,2 · 10 <sup>-11</sup>	10,50	(сарик ранг)		
<b>Нитритлар</b>			NiS <sub>2</sub>	1 · 10 <sup>-21</sup>	21,00
AgNO <sub>2</sub>	2,5 · 10 <sup>-4</sup>	3,62	NiS <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-26</sup>	26,00
<b>Оксалатлар</b>			NiS <sub>7</sub>	1 · 10 <sup>-29</sup>	28,00
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1 · 10 <sup>-11</sup>	11,00	PbS	1 · 10 <sup>-29</sup>	29,00
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,2 · 10 <sup>-7</sup>	6,92	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	4 · 10 <sup>-29</sup>	28,60
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,0 · 10 <sup>-9</sup>	8,70	Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	1 · 10 <sup>-30</sup>	30,00
CdC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,6 · 10 <sup>-8</sup>	7,80	ZnS	1 · 10 <sup>-23</sup>	23,00
CuC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,2 · 10 <sup>-8</sup>	7,49	<b>Сульфитлар</b>		
FeC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,0 · 10 <sup>-7</sup>	6,70	BaSO <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-8</sup>	8,00
Hg <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1 · 10 <sup>-13</sup>	13,00	CaSO <sub>3</sub>	4,1 · 10 <sup>-4</sup>	4,00
MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,6 · 10 <sup>-5</sup>	4,80		2 · 10 <sup>-8</sup>	7,30
MnC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4 · 10 <sup>-5</sup>	4,4	<b>Тартратлар</b>		
PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,8 · 10 <sup>-11</sup>	10,55	Ag <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	6,6 · 10 <sup>-7</sup>	6,18
SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5,8 · 10 <sup>-8</sup>	7,24	CaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	7,7 · 10 <sup>-3</sup>	4,11
ZnC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,4 · 10 <sup>-9</sup>	8,85	KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	3,10 <sup>24</sup> (18°)	3,52
<b>Роданидлар</b>			<b>Феррицианидлар</b>		
AgSCN	7,1 · 10 <sup>-13</sup>	12,15	Ag <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	1 · 10 <sup>-24</sup>	24
Cu(SCN) <sub>2</sub>	3,7 · 10 <sup>-17</sup>	16,43	Ag <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>5</sub> NO]	8 · 10 <sup>-13</sup>	12,10
Hg <sub>2</sub> (SCN) <sub>2</sub>	3 · 10 <sup>-20</sup>	19,52	<b>Ферроцианидлар</b>		
<b>Сульфатлар</b>			Ag <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	1,6 · 10 <sup>-41</sup>	40,80
			<b>Фосфатлар ва гидрофосфатлар</b>		
			Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,3 · 10 <sup>-30</sup>	19,89

Модда	Эрувчанлик кўпайтмаси		Модда	Эрувчанлик кўпайтмаси	
	ЭК	рЭК		ЭК	рЭК
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7·10 <sup>-5</sup>	4,15	AlPO <sub>4</sub>	1·10 <sup>-6</sup>	6,00
BaSO <sub>4</sub>	1,1·10 <sup>-10</sup>	9,95	Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1,3·10 <sup>-29</sup>	28,89
CaSO <sub>4</sub>	2,0·10 <sup>-4</sup>	4,62	BiPO <sub>4</sub>	1·10 <sup>-20</sup>	20,00
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5·10 <sup>-7</sup>	6,30	CaHPO <sub>4</sub>	5·10 <sup>-6</sup>	5,30
PbSO <sub>4</sub>	1,8·10 <sup>-8</sup>	7,74	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	3,5·10 <sup>-33</sup>	32,5
SrSO <sub>4</sub>	3,0·10 <sup>-7</sup>	6,70	FePO <sub>4</sub>	1,3·10 <sup>-22</sup>	21,89
<b>Сульфидлар</b>			FeHPO <sub>4</sub>	4·10 <sup>-10</sup>	9,40
Ag <sub>2</sub> S	2·10 <sup>-49</sup>	48,70	Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3,8·10 <sup>-9</sup>	8,42
As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	2·10 <sup>-23</sup>	22,70	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	2,5·10 <sup>-13</sup>	12,6
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1,6·10 <sup>-72</sup>	71,80	PbHPO <sub>4</sub>	1·10 <sup>-11</sup>	11,00
CdS	4,0·10 <sup>-26</sup>	28,40	Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	8,2·10 <sup>-43</sup>	42,09
CoS <sub>2</sub>	3,1·10 <sup>-23</sup>	22,51	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	9,1·10 <sup>-33</sup>	32,04
CoS <sub>β</sub>	1·10 <sup>-26</sup>	26,90	PbCl <sub>2</sub>	2,4·10 <sup>-4</sup>	3,62
			TeCl	1,5·10 <sup>-4</sup>	3,82
<b>Фторидлар</b>			<b>Хлороплатинитлар</b>		
Al(AlF <sub>6</sub> )	4·10 <sup>-10</sup>	9,40	K <sub>2</sub> [PtCl <sub>6</sub> ]	4,9·10 <sup>-5</sup>	4,31
(AlF <sub>6</sub> <sup>3-</sup> , Al <sup>3+</sup> )			(18°C)		
BaF <sub>2</sub>	1,7·10 <sup>-6</sup>	5,77	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [PtCl <sub>6</sub> ]	3,2·10 <sup>-5</sup>	4,50
CaF <sub>2</sub>	3,5·10 <sup>-11</sup>	10,46	<b>Хроматлар ва бихроматлар</b>		
LiF	5·10 <sup>-3</sup>	2,3	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	1,7·10 <sup>-12</sup>	11,70
MgF <sub>2</sub>	6,4·10 <sup>-9</sup>	8,19	Ag <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2·10 <sup>-7</sup>	6,70
PbF <sub>2</sub>	3,7·10 <sup>-8</sup>	7,43	BaCrO <sub>4</sub>	1,6·10 <sup>-10</sup>	9,80
SrF <sub>2</sub>	3,2·10 <sup>-9</sup>	8,50	CaCrO <sub>4</sub>	2,3·10 <sup>-2</sup>	1,64
<b>Хлоратлар</b>			PbCrO <sub>4</sub>	(18°C)	
KClO <sub>4</sub>	1,07·10 <sup>-2</sup>	1,94	SrCrO <sub>4</sub>	2·10 <sup>-14</sup>	13,70
NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>	2,5·10 <sup>-1</sup>	0,60	SrCrO <sub>4</sub>	5,0·10 <sup>-5</sup>	4,30
<b>Хлоридлар</b>			<b>Цианидлар</b>		
AgCl	1,1·10 <sup>-10</sup>	9,96	AgCN	1·10 <sup>-13</sup>	13,
BiOCl(BiO <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> )	7·10 <sup>-9</sup>	8,15	Hg <sub>2</sub> (CN) <sub>2</sub>	5·10 <sup>-40</sup>	39,
CuCl	8,6·10 <sup>-10</sup>	9,07			
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	2·10 <sup>-15</sup>	17,7			

## Баъзи комплекс ионларнинг беқарорлик константалари

Комплекс ҳосил қилувчи ион	Комплекс ион ва унинг диссоцилланиши	Беқарорлик константаси $K$	$pK = -\lg K$
$Ag^+$	$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6,40
	$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$	21,00
	$[Ag(S_2O_3)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2S_2O_3^{2-}$	$4 \cdot 10^{-14}$	13,40
	$[Ag(SCN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2SCN^-$	$4 \cdot 10^{-8}$	8,4
	$[AgBr_3]^{2-} \rightleftharpoons Ag^+ + 3Br^-$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	9,89
$Al^{3+}$	$[AgI_4]^{3-} \rightleftharpoons Ag^+ + 4I^-$	14,5	-1,64
	$[AlF_6]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 6F^-$	$2,0 \cdot 10^{-28}$	23,70
	$[Al(C_2O_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 3C_2O_4^{2-}$	$5,0 \cdot 10^{-17}$	16,30
	$[Al(C_2O_4)_2]^- \rightleftharpoons Al^{3+} + 2C_2O_4^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	13,00
$Be^{2+}$	$[BeF_4]^{2-} \rightleftharpoons Be^{2+} + 4F^-$	$4,4 \cdot 10^{-16}$	15,36
$Bi^{3+}$	$[BiCl_4]^- + H_2O \rightleftharpoons BiOCl + 3Cl^- + 2H^+$	$8 \cdot 10^{-1}$	0,10
	$[Bi(SCN)_5]^{2-} \rightleftharpoons Bi^{3+} + 5SCN^-$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	4,23
$Br^-$	$[Br_3]^- \rightleftharpoons Br_2 + Br^-$	$6,3 \cdot 10^{-2}$	1,20
$Cd^{2+}$	$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4NH_3$	$1 \cdot 10^{-7}$	7,00
	$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^-$	$1,4 \cdot 10^{-17}$	16,85
	$[CdCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4Cl^-$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	2,5
	$[CdBr_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4Br^-$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
	$[CdI_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4I^-$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	6,3
	$[Cd(S_2O_3)_4]^{6-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4S_2O_3^{2-}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,4
	$[Cd(C_2O_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2C_2O_4^{2-}$	$2 \cdot 10^{-3}$	5,7
$Co^{2+}$	$[Co(NH_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6NH_3$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	5,1
	$[Co(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6CN^-$	$8,0 \cdot 10^{-20}$	19,1
	$[Co(SCN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6SCN^-$	$1 \cdot 10^{-3}$	3,0
	$[Co(C_2O_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons Co^{2+} + 2C_2O_4^{2-}$	$2 \cdot 10^{-7}$	6,7
$Co^{3+}$	$[Co(NH_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6NH_3$	$8,0 \cdot 10^{-36}$	35,1
$Cu^+$	$[Cu(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Cu^+ + 2NH_3$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	10,8
	$[Cu(CN)_4]^{3-} \rightleftharpoons Cu^+ + 4CN^-$	$5 \cdot 10^{-28}$	27,3
	$[CuCl_3]^{2-} \rightleftharpoons Cu^+ + 3Cl^-$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	5,7
	$[CuBr_2]^- \rightleftharpoons CuBr + Br^-$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,3
	$[CuI_2] \rightleftharpoons CuI + I^-$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
$Cu^{2+}$	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	$4,6 \cdot 10^{-14}$	13,34
	$[Cu(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4CN^-$	$5,0 \cdot 10^{-28}$	27,30
	$[CuCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4Cl^-$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	1,47
	$[CuBr_4]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4Br^-$	$5,0 \cdot 10^{-90}$	8,30
	$[Cu(P_2O_7)_2]^{6-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2P_2O_7^{4-}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	9,00

Комплекс ҳосил қилувчи ион	Комплекс ион ва унинг диссоцилланиши	Беқарорлик константаси K	pK = -lgK
	$[\text{Cu}(\text{HP}_2\text{O}_7)_2]^{4-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$	10,00
	$[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{CH}_3\text{COO}^-$	$1,0 \cdot 10^{-14}$	14,00
	$[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	9,50
$\text{Fe}^{2+}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1 \cdot 10^{-37}$	37,00
	$[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$6,3 \cdot 10^{-7}$	6,20
$\text{Fe}^{3+}$	$[\text{FeF}_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 5\text{F}^-$	$1,7 \cdot 10^{-16}$	15,77
	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-14}$	44,00
	$[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$6,3 \cdot 10^{-21}$	20,20
	$[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6\text{SCN}^-$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	3,5
	$[\text{Fe}(\text{SCN})_5] \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+} + 2\text{SCN}^-$	$5 \cdot 10^{-4}$	3,3
	$[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^-$	$5 \cdot 10^{-3}$	2,3
	$[\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]^{+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 2\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	8,00
	$[\text{Fe}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)]^{+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$	$5 \cdot 10^{-34}$	33,30
$\text{Hg}^{2+}$	$[\text{HgCl}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$1,0 \cdot 10^{-16}$	16,00
	$[\text{HgBr}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{Br}^-$	$2 \cdot 10^{-22}$	21,70
	$[\text{HgI}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$5 \cdot 10^{-31}$	30,30
	$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$3,2 \cdot 10^{-41}$	40,50
	$[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{SCN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-22}$	22,00
	$[\text{HgS}_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2\text{S}^{2-}$	$2 \cdot 10^{-55}$	54,70
$\text{I}^-$	$[\text{I}_3]^- \rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{I}^-$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,89
$\text{Li}^+$	$[\text{Li}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Li}^+ + 2\text{NH}_3$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	1,6
$\text{Mg}^{2+}$	$[\text{Mg}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,40
$\text{Mn}^{2+}$	$[\text{MnP}_2\text{O}_7]^{2-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{P}_2\text{O}_7^{4-}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,89
	$[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80
$\text{N}^{3-}$	$[\text{NH}_4]^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$	$6,3 \cdot 10^{-10}$	9,20
$\text{Ni}^{2+}$	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	8,70
	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	7,89
	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$5,0 \cdot 10^{-16}$	15,30
	$[\text{Ni}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6,40
	$[\text{Ni}(\text{PO}_3)_3]^- \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 3\text{PO}_3^-$	$6 \cdot 10^{-4}$	3,20
	$[\text{Ni}(\text{P}_2\text{O}_7)_2]^{6-} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	1,40
$\text{Pb}^{2+}$	$[\text{PbCl}_3]^- \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 3\text{Cl}^-$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80
	$[\text{PbBr}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 4\text{Br}^-$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	3,00
	$[\text{PbI}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 4\text{I}^-$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	4,05
	$[\text{Pb}(\text{CN})_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$5,0 \cdot 10^{-11}$	10,30

Комплекс ҳосил қилувчи ион	Комплекси нон ва унинг диссоцилланиши	Беқарорлик константаси, $K$	$pK = -\lg K$
	$[Pb(CH_3COO)_4]^{2-} \rightleftharpoons Pb^{2+} + 4CH_3COO^-$	$8 \cdot 10^{-3}$	2,10
	$[Pb(HC_4H_4O_6)_3]^- \rightleftharpoons Pb^{2+} + 3HC_4H_4O_6$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	5,00
	$[Pb(P_2O_7)_2]^{6-} \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2P_2O_7^{4-}$	$5 \cdot 10^{-6}$	5,30
	$[Pb(S_2O_3)_3]^{4-} \rightleftharpoons Pb^{2+} + 3S_2O_3^{2-}$	$4,8 \cdot 10^{-8}$	5,32
$Pt^{2+}$	$[PtCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Pt^{2+} + 4Cl^-$	$1,0 \cdot 10^{-16}$	16,00
	$[PtBr_4]^{2-} \rightleftharpoons Pt^{2+} + 4Br^-$	$1,0 \cdot 10^{-18}$	18,00
$Sb^{III}$	$2[SbS_2]^- \rightleftharpoons Sb_2S_3 + S^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	0,90
$Si^{IV}$	$[SiF_6]^{2-} \rightleftharpoons SiF_4 + 2F^-$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,20
$Sn^{II}$	$[SnCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Sn^{2+} + 4Cl^-$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	1,50
	$[SnCl_3]^- \rightleftharpoons Sn^{2+} + 3Cl^-$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	2,00
$Sn^{IV}$	$[SnCl_6]^{2-} \rightleftharpoons Sn^{4+} + 6Cl^-$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	0,82
	$[SnS_3]^{2-} \rightleftharpoons SnS_2 + S^{2-}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	5,04
$U^V$	$[UO_2C_2O_4] \rightleftharpoons UO_2^{2+} + C_2O_4^{2-}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,60
	$[UO_2(C_2O_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons UO_2C_2O_4 + C_2O_4^{2-}$	$8 \cdot 10^{-2}$	1,10
$Zn^{2+}$	$[Zn(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4NH_3$	$4 \cdot 10^{-10}$	9,40
	$[Zn(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4CN^-$	$6,3 \cdot 10^{-18}$	17,20
	$[Zn(C_2O_4)_3]^{4-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 3C_2O_4^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	9,00

## Комплекс ионларнинг константалари

Комплекс ион	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$
1						
			аммиакли			
$[Ag(NH_3)_2]^+$	$2,09 \cdot 10^3$	$8,32 \cdot 10^3$	20	6,17	1,15	0,29
$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$	$3,24 \cdot 10^2$	91,2	8,51	4,37	$0,26 \cdot 10^5$	$7,24 \cdot 10^2$
$[Co(NH_3)_6]^{2+}$		32,4	$1,26 \cdot 10^6$	$3,98 \cdot 10^5$		
$[Co(NH_3)_5]^{3+}$	$2,00 \cdot 10^7$	$5,01 \cdot 10^5$				
$[Co(NH_3)_4]^{2+}$	$8,51 \cdot 10^5$	$6,46 \cdot 10^2$				
$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$	$9,77 \cdot 10^3$	$2,19 \cdot 10^3$	$5,37 \cdot 10^2$	93,3		
$[Fe(NH_3)_4]^{2+}$	25,1	6,31				
$[Hg(NH_3)_4]^{2+}$	$6,31 \cdot 10^8$	$5,01 \cdot 10^8$	10,00	5,75		
$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$	$4,68 \cdot 10^2$	89,1	60,2	8,32	6,03	0,81
$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$	$1,51 \cdot 10^2$	$1,78 \cdot 10^{-2}$	$2,04 \cdot 10^2$	$4,57 \cdot 10^2$		
			бромидли			
$[AgBr_3]^{2-}$	$2,40 \cdot 10^4$	$9,12 \cdot 10^2$	32,4			
$[BiBr_6]^{3-}$	$1,82 \cdot 10^2$	$1,55 \cdot 10^2$	75,9			
$[CdBr_4]^{2-}$	$1,70 \cdot 10^2$	3,71	6,31	30,9	39,8	1,9
$[HgBr_4]^{2-}$	$1,12 \cdot 10^6$	$1,92 \cdot 10^8$	$2,57 \cdot 10^2$	1,26		
$[PbBr_4]^{2-}$	$1,70 \cdot 10^2$	17,8	60,3	79,4		
$[SnBr_3]^-$	5,37	2,57	1,62	1,1		
		гидроксидли				
$[Ag(OH)_2]^{2-}$	$2,00 \cdot 10^2$	50,1	15,9			
$[AsO(OH)_4]^{3-}$	$2,14 \cdot 10^4$	$2,51 \cdot 10^4$	74,1	3,98		
$[Bi(OH)_4]^-$	$2,51 \cdot 10^{12}$	$2,51 \cdot 10^3$				
$[Cd(OH)_4]^{2-}$	$1,48 \cdot 10^4$	$1,45 \cdot 10^4$	4,90			
$[Co(OH)_2]^{2-}$	$2,51 \cdot 10^4$	1,59	$7,94 \cdot 10^5$	0,38		

1	2	3	4	5	6	7
$[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$		$5,01 \cdot 10^7$				
$[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$	$1,26 \cdot 10^{10}$	$4,79 \cdot 10^5$	$2,09 \cdot 10^3$	$31,6$		
$[\text{Fe}(\text{OH})_4]^{2-}$	$1,00 \cdot 10^7$	$1,62 \cdot 10^4$	$0,79$	$0,08$		
$[\text{Fe}(\text{OH})_3]^-$	$3,63 \cdot 10^5$	$2,00 \cdot 10^5$	$3,16 \cdot 10^8$			
$[\text{Hg}(\text{OH})_2]^-$	$7,41 \cdot 10^{11}$	$2,51 \cdot 10^{11}$	$0,32$			
$[\text{Ni}(\text{OH})_2]^-$	$2,00 \cdot 10^{10}$	$3,80 \cdot 10^3$	$6,03 \cdot 10^2$			
$[\text{Ni}(\text{OH})_3]^-$	$9,33 \cdot 10^4$	$7,94 \cdot 10^3$	$3,16$			
$[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$	$7,94 \cdot 10^6$	$6,03 \cdot 10^8$	$3,09 \cdot 10^4$			
$[\text{Sn}(\text{OH})_3]^-$	$7,24 \cdot 10^{11}$	$7,94 \cdot 10^6$	$69,2$	$33,1$		
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$2,51 \cdot 10^4$	$2,87 \cdot 10^{13}$	$4,47 \cdot 10^{13}$	$2,29 \cdot 10^{13}$		
$[\text{Zr}(\text{OH})_6]^{2-}$	$2,09 \cdot 10^{14}$					
		йодатли				
$[\text{Ag}(\text{IO}_3)_2]^-$	$4,27$	$18,6$				
		йодидли				
$[\text{AgI}_4]^{3-}$		$1,45 \cdot 10^5$	$87,1$	$2,09$		
$[\text{CdI}_4]^{2-}$	$3,80 \cdot 10^6$	$14,1$	$11,5$	$8,3$		
$[\text{HgI}_4]^{2-}$	$1,91 \cdot 10^2$	$8,91 \cdot 10^{10}$	$6,03 \cdot 10^2$	$3,80 \cdot 10^2$		
$[\text{PbI}_4]^{2-}$	$7,41 \cdot 10^{12}$	$77,6$	$5,89$	$3,55$		
	$18,2$					
		нитритли				
$[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-$	$75,9$	$8,91$				
$[\text{Cd}(\text{NO}_2)_4]^{2-}$	$63,1$	$16,2$	$6,31$	$0,20$		
$[\text{Cu}(\text{NO}_2)_3]^-$	$18,2$	$2,00$	$0,40$			
		роданидли				
$[\text{Ag}(\text{SCN})_4]^{3-}$		$1,07 \cdot 10^5$				
	$5,62 \cdot 10^4$					

1	2	3	4	5	6	7
$[\text{Bi}(\text{SCN})_6]^{3-}$	14,1	5,89	6,61	4,57		
$[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$	$1,0 \cdot 10^3$	1,00	0,20	0,79		
$[\text{Cr}(\text{SCN})_6]^{3-}$	$1,20 \cdot 10^3$	52,5	10,0	2,0	0,2	0,03
$[\text{Cu}(\text{SCN})_4]^{2-}$	$2,00 \cdot 10^2$	22,4	34,7	21,4		
$[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$	$1,07 \cdot 10^3$	12,60	2,00	0,79	0,50	0,10
$[\text{Ni}(\text{SCN})_3]^{3-}$	15,14	2,88	1,48			
$[\text{Zn}(\text{SCN})_4]^{2-}$	50,12	2,95	1,48	0,47		
		сульфидли				
$[\text{Ag}(\text{SO}_3)_3]^{5-}$	$3,98 \cdot 10^5$	$1,20 \cdot 10^3$	2,09			
$[\text{Cu}(\text{SO}_3)_3]^{5-}$	$7,08 \cdot 10^7$	7,08	4,57			
		тиосульфидли				
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$	$6,61 \cdot 10^8$	$4,37 \cdot 10^4$	4,90			
$[\text{Cd}(\text{S}_2\text{O}_3)_4]^{4-}$	$8,71 \cdot 10^3$	$3,47 \cdot 10^2$	52,48			
$[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$	$1,86 \cdot 10^{10}$	$1,12 \cdot 10^2$	41,69			
$[\text{Pb}(\text{S}_2\text{O}_3)_4]^{6-}$	$5,01 \cdot 10^2$	$2,69 \cdot 10^2$	16,60	7,08		
$[\text{Zn}(\text{S}_2\text{O}_3)_4]^{6-}$	$1,95 \cdot 10^2$	$2,00 \cdot 10^2$				
		дигидрофосфидли				
$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$	$10^3$	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$			
		фторидли				
$[\text{AlF}_6]^{3-}$	$1,26 \cdot 10^7$	$7,59 \cdot 10^4$	$7,08 \cdot 10^3$	$5,01 \cdot 10^2$	46,77	2,95
$[\text{CrF}_3]$	$1,59 \cdot 10^5$	$2,19 \cdot 10^2$	$3,02 \cdot 10^2$			
$[\text{FeF}_6]^{3-}$	$1,10 \cdot 10^5$	$5,01 \cdot 10^4$	$1,00 \cdot 10^3$	$1,00 \cdot 10^2$	2,29	

1	2	3	4	5	6	7
		хлоридли				
[AgCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	1,10·10 <sup>2</sup>	1,59·10 <sup>2</sup>	0,63	12,59		
[BiCl <sub>3</sub> ] <sup>2-</sup>	2,69·10 <sup>2</sup>	1,86·10 <sup>2</sup>	2,00	3,98		
[CdCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	1,12·10 <sup>2</sup>	3,55	0,63	3,16		
[HgCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	5,50·10 <sup>6</sup>	3,02·10 <sup>6</sup>	7,08	1,41·10 <sup>2</sup>		2,09
[PbCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	41,70	6,62	0,40	0,09		
[SnCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	32,4	5,37	0,62	0,28		
		цианидли				
[Cd(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	1,51·10 <sup>5</sup>	2,63·10 <sup>4</sup>	2,09·10 <sup>4</sup>	1,55·10 <sup>1</sup>		
[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	1,00·10 <sup>18</sup>	5,01·10 <sup>16</sup>	6,76·10 <sup>1</sup>	9,55·10 <sup>2</sup>		
		ацетатли (L — CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> )				
[AgL <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	5,37	0,81				
[CdL <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	20,0	9,55	1,38	0,38		
[CuL <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	1,74·10 <sup>2</sup>	1,15				
[FeL <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	1,59·10 <sup>3</sup>	7,94·10 <sup>2</sup>				
[NiL <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	13,2	4,90				
[PbL <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	3,31·10 <sup>2</sup>	26,92	2,82·10 <sup>2</sup>	1,26·10 <sup>2</sup>		
		оксалатли (L — (COO) <sub>2</sub> <sup>2-</sup> )				
[AlL <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup>	2,00·10 <sup>7</sup>	5,01·10 <sup>5</sup>	2,00·10 <sup>3</sup>			
[CdL <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>	1,00·10 <sup>4</sup>	45,7				
[CoL <sub>3</sub> ] <sup>4-</sup>	5,01·10 <sup>4</sup>	1,0·10 <sup>2</sup>	1,0·10 <sup>3</sup>			
[CuL <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>	5,01·10 <sup>6</sup>	5,01·10 <sup>2</sup>				
[FeL <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup>	2,51·10 <sup>6</sup>	6,31·10 <sup>6</sup>	2,51·10 <sup>3</sup>			

1	2	3	4	5	6	7
[MgL <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>	3,55·10 <sup>2</sup>	67,61				
[MnL <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>	6,61·10 <sup>3</sup>	26,92				
[NiL <sub>3</sub> ] <sup>1-</sup>	2·10 <sup>5</sup>	16	3·10 <sup>7</sup>			
[ZnL <sub>3</sub> ] <sup>1-</sup>	1,0·10 <sup>5</sup>	2,29·10 <sup>2</sup>	6,17			
	ОКСИХИНОЛИНАТЛ (L — C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> NO <sup>-</sup> )					
[CdL <sub>2</sub> ]	1,59·10 <sup>7</sup>	1,59·10 <sup>5</sup>				
[CoL <sub>2</sub> ]	1,26·10 <sup>9</sup>	1,26·10 <sup>8</sup>				
[CuL <sub>2</sub> ]	1,59·10 <sup>12</sup>	1,59·10 <sup>11</sup>				
[FeL <sub>2</sub> ]	1,0·10 <sup>8</sup>	1,0·10 <sup>7</sup>				
[FeL <sub>3</sub> ]	2,0·10 <sup>12</sup>	2,0·10 <sup>11</sup>	2,0·10 <sup>10</sup>			
[MnL <sub>2</sub> ]	6,31·10 <sup>5</sup>	6,31·10 <sup>5</sup>				
[NiL <sub>2</sub> ]	7,94·10 <sup>9</sup>	6,31·10 <sup>8</sup>				
[ZnL <sub>2</sub> ]	3,16·10 <sup>8</sup>	1,66·10 <sup>8</sup>				
	ПИРИДИНЛ (L — C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N)					
[AgL <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	93,33	2,20·10 <sup>2</sup>				
[CdL <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	18,62	7,41	1,45	1,59		
[CoL <sub>2</sub> ] <sup>2+</sup>	13,8	2,51				
[CuL <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	3,31·10 <sup>2</sup>	72,44	20,42	7,08		
[HgL <sub>3</sub> ] <sup>2+</sup>	1,26·10 <sup>5</sup>	7,94·10 <sup>1</sup>	2,51			
[NiL <sub>3</sub> ] <sup>2+</sup>	60,26	10,96	2,04			
[ZnL <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	25,70	0,5	3,16	2,09		

1	2	3	4	5	6	7
		салицилати ( $L-C_6H_4(COO)O^{2-}$ )				
$[CuL_2]^{2-}$	$3,98 \cdot 10^{10}$	$7,08 \cdot 10^7$				
$[FeL_2]^{2-}$	$3,55 \cdot 10^6$	$5,01 \cdot 10^4$				
$[FeL_3]^{3-}$	$3,02 \cdot 10^{16}$	$4,79 \cdot 10^{11}$	$4,79 \cdot 10^8$			
$[NiL_2]^{2-}$	$8,91 \cdot 10^6$	$6,31 \cdot 10^4$				
		сульфосалицилати $L-C_6H_4O(COO)(SO_3)^{3-}$				
$[AlL_2]^{6-}$	$1,59 \cdot 10^{13}$	$4,27 \cdot 10^9$	$1,15 \cdot 10^8$			
$[CuL_2]^{4-}$	$3,31 \cdot 10^9$	$8,51 \cdot 10^6$				
$[FeL_2]^{4-}$	$7,94 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^4$				
$[FeL_3]^{6-}$	$1,05 \cdot 10^{16}$	$5,50 \cdot 10^{10}$	$6,92 \cdot 10^6$			
$[MnL_2]^{4-}$	$1,74 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^3$				
		тарتراتти ( $L-(CHOH)_2(COO)_2^{2-}$ )				
$[CuL_4]^{6-}$	$1,0 \cdot 10^3$	$1,29 \cdot 10^2$	$4,47$	$3,75$		
$[FeL_2]^{4-}$	$3,09 \cdot 10^7$	$2,57 \cdot 10^4$				
		фенантролинли ( $L-C_{12}H_8N_2$ )				
$[AgL_2]^{+}$	$1,05 \cdot 10^5$	$1,12 \cdot 10^7$				
$[CdL_3]^{2+}$	$2,51 \cdot 10^6$	$1,59 \cdot 10^5$	$1,59 \cdot 10^4$			
$[CoL_3]^{2+}$	$1,78 \cdot 10^7$	$5,01 \cdot 10^6$	$8,91 \cdot 10^5$			
$[CuL_3]^{2-}$	$1,78 \cdot 10^9$	$5,62 \cdot 10^6$	$2,24 \cdot 10^5$			
$[FeL_3]^{3+}$	$3,16 \cdot 10^6$	$7,94 \cdot 10^4$	$1,26 \cdot 10^{12}$			
$[ZnL_3]^{2-}$	$2,69 \cdot 10^6$	$5,25 \cdot 10^5$	$7,08 \cdot 10^4$			

Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари йўналишини аниқлаш  
Оксидланиш

Реакция тенгламаси	$\lg K_{\text{оксид}}$	$E_{\text{оксид}}$
<b>Азот</b>		
$\text{NO} - \bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}^+$	- 16,74	- 0,99
$\text{N}_2 - 6 \bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+$	- 147,1	- 1,45
$\text{HNO}_2 - 2 \bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$	- 31,79	- 0,94
$\text{NO}_2 - \bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + \text{H}^+$	- 13,70	- 0,81
$\text{NO} - 3 \bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$	- 48,71	- 0,96
$\text{NH}_4^+ - 8 \bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 10\text{H}^+$	- 117,7	- 0,87
$\text{NH}_3 - 8 \bar{e} + 9\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 6\text{H}^+$	+ 16,24	+ 0,12
<b>Алюминий</b>		
$\text{Al} - 3 \bar{e} \rightleftharpoons \text{Al}^{+++}$	+ 84,72	+ 1,67
$\text{Al} - 3 \bar{e} + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3$	+ 117,1	+ 2,31
$\text{Al} - 3 \bar{e} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 119,2	+ 2,35
$\text{Al} - 3 \bar{e} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{AlF}_6]^{---}$	+ 108,1	+ 2,13
<b>Барий</b>		
$\text{Ba} - 2 \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ba}^{++}$	+ 98,09	+ 2,90
<b>Бериллий</b>		
$\text{Be} - 2 \bar{e} \rightleftharpoons \text{Be}^{++}$	+ 57,49	+ 1,70
<b>Бор</b>		
$\text{B} - 3 \bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{H}^+$	+ 37,03	+ 0,73
<b>Бром</b>		
$2\text{Br}^- - 2 \bar{e} \rightleftharpoons \text{Br}_2$	- 36,77	- 1,087
$\text{Br}^- - 2 \bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBrO} + \text{H}^+$	- 45,65	- 1,35
$\text{Br}^- - 2 \bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O}$	- 25,70	- 0,76
$\text{Br}_2 - 10 \bar{e} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{BrO}_3 + 12\text{H}^+$	- 257,0	- 1,52
$\text{Br}^- - 6 \bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+$	- 146,2	- 1,44
$\text{Br}^- - 6 \bar{e} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$	- 60,89	- 0,60
<b>Ванадий</b>		
$\text{V} - 2 \bar{e} \rightleftharpoons \text{V}^{++}$	+ 59,74	+ 1,5
$\text{V}^{++} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{V}^{+++}$	+ 3,39	+ 0,2
$\text{V}^{+++} - \bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{VO}^{++} + 2\text{H}^+$	- 5,31	- 0,314
$\text{VO}^{++} - \bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+$	+ 16,91	+ 1,0
$\text{V}^{+++} - 2 \bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+$	- 22,12	- 0,657
$\text{V}^{+++} - 3 \bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+$	- 18,77	- 0,37

Реакция тенгласи	$\lg K_{\text{оксид}}$	$E_{\text{оксид}}$
<b>Висмут</b>		
$\text{Bi} - 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Bi}^{+++}$	- 10,91	- 0,215
$\text{Bi}^{+++} - 2\bar{e} + \text{Na}^+ + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaBiO}_3 + 6\text{H}^+$	- 60,88	- 1,8
<b>Водород</b>		
$\text{H}_2 - 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{H}^+$	0,00	0,00
$2\text{H}^- - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$	+ 78,81	+ 2,33
$\text{H}_2 - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+ 28,00	+ 0,828
<b>Вольфрам</b>		
$\text{W} - 4\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{WO}_2 + 4\text{H}^+$	+ 3,38	+ 0,05
$\text{W} - 6\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{WO}_3 + 6\text{H}^+$	+ 9,13	+ 0,09
$\text{W} - 6\bar{e} + 8\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{WO}_4^{--} + 4\text{H}_2\text{O}$	+ 111,6	+ 1,1
<b>Германий</b>		
$\text{Ge} - 4\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+$	+ 8,79	+ 0,13
<b>Темир</b>		
$\text{Fe} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{++}$	+ 14,88	+ 0,44
$\text{Fe}^{++} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{+++}$	- 13,04	- 0,771
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{--} - \bar{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{---}$	- 6,09	- 0,36
$\text{Fe}^{++} - \bar{e} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{FeF}_6]^{--}$	- 0,77	- 0,40
$\text{Fe}(\text{OH})_2 - \bar{e} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3$	+ 9,47	+ 0,56
<b>Олтин</b>		
$\text{Au} - 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}^{+++}$	- 72,04	- 1,42
$\text{Au} - 3\bar{e} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{AuCl}_4]^-$	- 50,74	- 1,00
$\text{Au}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}^{++}$	- 43,63	- 1,29
$\text{Au} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}^+$	- 28,41	- 1,68
<b>Йод</b>		
$2\text{I}^- - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{I}_2$	- 18,07	- 0,5345
$2\text{I}^- - 2\bar{e} + \text{I}^- \rightleftharpoons [\text{I}_3]^-$	- 18,11	- 0,5345
$\text{I}_2 - 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HIO} + 2\text{H}^+$	- 49,05	- 1,45
$\text{I}^- - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{IO}^- + \text{H}_2\text{O}$	- 16,58	- 0,49
$\text{I}_2 - 10\bar{e} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+$	- 202,0	- 1,195
$\text{I}^- - 6\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+$	- 110,1	- 1,085
$\text{I}^- - 6\bar{e} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$	- 26,38	- 0,26
<b>Кадмий</b>		
$\text{Cd} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cd}^{++}$	+ 13,59	+ 0,4020

Реакция теңгласи	$\lg K_{\text{оксид}}$	$E_{\text{оксид}}$
<b>Калий</b>		
$\text{K} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{K}^+$	+ 49,42	+ 2,922
<b>Симоб</b>		
$\text{Hg} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg}^{++}$	- 28,89	- 0,854
$2\text{Hg} - 2\bar{e} \rightleftharpoons [\text{Hg}_2]^{++}$	- 27,01	- 0,7986
$[\text{Hg}_2]^{++} - 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Hg}^{++}$	- 30,77	- 0,910
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 - 2\bar{e} + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{HgCl}_2$	- 20,97	- 0,62
$2\text{Hg} - 2\bar{e} - 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2\text{Cl}_2$	- 9,06	- 0,268
<b>Қўрғошин</b>		
$\text{Pb} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}^{++}$	+ 4,26	+ 0,126
$\text{Pb}^{++} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}^{+++}$	- 57,16	- 1,69
$\text{Pb} - 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}^{+++}$	- 52,77	- 0,78
$\text{Pb}^{++} - 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$	- 49,25	- 1,456
<b>Кальций</b>		
$\text{Ca} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ca}^{++}$	+ 97,07	+ 2,87
<b>Кислород</b>		
$2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 4\text{H}^+$	- 83,16	- 1,229
$4\text{OH}^- - 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	- 27,13	- 0,401
$\text{O}_2 - 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_3 + 2\text{H}^+$	- 70,00	- 2,07
$\text{O}_2 - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$	- 41,94	- 1,24
$\text{H}_2\text{O}_2 - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 2,57	+ 0,076
$2\text{H}_2\text{O} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	- 59,83	- 0,826
$\text{H}_2\text{O}_2 - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{H}^+$	- 23,07	- 1,77
$2\text{OH}^- - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	- 29,43	- 0,87
<b>Кобальт</b>		
$\text{Co} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}^{++}$	+ 9,37	+ 0,277
$\text{Co}^{++} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}^{+++}$	- 31,16	- 1,842
$\text{Co}(\text{OH})_2 - \bar{e} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Co}(\text{OH})_3$	- 3,38	- 0,2
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{++} - \bar{e} \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{+++}$	- 1,69	- 0,1
$[\text{Co}(\text{CN})_6]^{--} - \bar{e} \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{CN})_6]^{--}$	+ 14,04	+ 0,83
<b>Кремний</b>		
$\text{SiH}_4 - 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Si} + 4\text{H}^+$	- 2,70	- 0,04
$\text{SiH}_4 - 4\bar{e} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Si} + 4\text{H}_2\text{O}$	+ 53,44	- 0,79

Реакция теңгласи	$\lg K_{\text{оксид}}$	$E_{\text{оксид}}$
$\text{Si} - 4\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SiO}_2 + 4\text{H}^+$	+ 40,60	+ 0,6
$\text{Si} - 4\bar{e} + \text{COH}^- \rightleftharpoons \text{SiO}_3^{--} + 3\text{H}_2\text{O}$	+ 117,0	+ 1,73
$\text{Si} - 4\bar{e} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{SiF}_6]^{--}$	+ 79,16	+ 1,17
<b>Литий</b>		
$\text{Li} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Li}$	+ 51,07	+ 3,02
<b>Магний</b>		
$\text{Mg} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mg}^{++}$	+ 79,14	+ 2,34
<b>Марганец</b>		
$\text{Mn} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{++}$	+ 35,51	+ 1,05
$\text{Mn}^{++} - 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$	- 43,29	- 1,28
$\text{Mn}^{++} - 5\bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+$	- 128,5	- 1,52
$\text{MnO}_2 - 3\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+$	- 84,32	- 1,67
$\text{MnO}_2 - 2\bar{e} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{MnO}_4^{--} + 2\text{H}_2\text{O}$	- 19,62	- 0,58
$\text{MnO}_4^{--} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^-$	- 9,13	- 0,54
<b>Мис</b>		
$\text{Cu} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}^{++}$	- 11,66	- 0,3448
$\text{Cu}^+ - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}^{++}$	- 2,82	- 0,167
$\text{CuI} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}^{++} + \text{I}^-$	- 14,88	- 0,88
$[\text{Cu}(\text{CN})_2]^- - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}^{++} + 2\text{CN}^-$	- 18,94	- 1,12
<b>Молибден</b>		
$\text{Mo} - 6\bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{MoO}_4 + 6\text{H}^+$	0,0	0,0
<b>Мишьяк</b>		
$\text{As} - 3\bar{e} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{AsO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 34,49	+ 0,68
$\text{As} - 3\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HAsO}_2 + 3\text{H}^+$	- 12,56	- 0,2475
$\text{HAsO}_2 - 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+$	- 18,91	- 0,559
$\text{AsO}_2^- - 2\bar{e} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{AsO}_4^{--} + 2\text{H}_2\text{O}$	+ 24,02	- 0,71
$\text{AsH}_3 - 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{As} + 3\text{H}^+$	+ 27,39	+ 0,54
<b>Нарий</b>		
$\text{Na} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Na}^+$	+ 45,76	+ 2,712
<b>Никель</b>		
$\text{Ni} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ni}^{++}$	+ 8,45	+ 0,25
$\text{Ni}(\text{OH})_2 - \bar{e} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_3$	- 8,29	- 0,49

1	2	3
$Ni^{++} + \bar{e} + H_2O \rightleftharpoons Ni(OH)_3 + 3H^+$	-29,59	-1,75
$[Ni(CN)_4]^{--} - \bar{e} \rightleftharpoons [Ni(CN)_4]^{--}$	-13,87	-0,82
<b>Қалай</b>		
$Sn - 2\bar{e} \rightleftharpoons Sn^{++}$	+4,60	-0,136
$Sn^{++} - 2\bar{e} \rightleftharpoons Sn^{++++}$	-5,07	-0,15
$Sn - 4\bar{e} \rightleftharpoons Sn^{++++}$	-0,68	-0,01
$Sn - 2\bar{e} + 3OH^- \rightleftharpoons HSnO_2^- + H_2O$	+26,72	+0,79
$HSnO_2^- - 2\bar{e} + 3OH^- + H_2O \rightleftharpoons [Sn(OH)_6]^{--}$	+32,47	+0,96
<b>Осмий</b>		
$Os - 8\bar{e} + 4H_2O \rightleftharpoons OsO_4 + 8H^+$	+112,3	-0,83
<b>Платина</b>		
$Pt - 2\bar{e} + 4Cl^- \rightleftharpoons [PtCl_4]^{--}$	-24,69	-0,73
$[PtCl_4]^{--} - \bar{e} + 2Cl^- \rightleftharpoons [PtCl_6]^{--}$	-24,35	-0,72
<b>Кумуш</b>		
$Ag - \bar{e} \rightleftharpoons Ag^+$	-13,52	-0,7995
$2Ag - 2\bar{e} + 2OH^- \rightleftharpoons Ag_2O + H_2O$	-11,63	-0,344
$2Ag - 2\bar{e} + S^{--} \rightleftharpoons Ag_2S$	+24,02	+0,71
$Ag - \bar{e} + 2CN^- \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^-$	+4,91	+0,29
$Ag - \bar{e} + Cl^- \rightleftharpoons AgCl$	-3,76	-0,2223
$Ag - \bar{e} + Br^- \rightleftharpoons AgBr$	-1,23	-0,073
$Ag - \bar{e} + I^- \rightleftharpoons AgI$	+2,55	+0,151
<b>Сурьма</b>		
$SbH_3 - 3\bar{e} \rightleftharpoons Sb + 3H^+$	+25,87	+0,51
$Sb - 3\bar{e} + H_2O \rightleftharpoons SbO + 2H^+$	-10,75	-0,212
$SbO_2 - 2\bar{e} + 2OH^- \rightleftharpoons SbO_3^- + H_2O$	+19,95	+0,59
<b>Таллий</b>		
$Tl - \bar{e} \rightleftharpoons Te^+$	+5,69	+0,3363
$Te^+ - 2\bar{e} \rightleftharpoons Te^{+++}$	-42,28	-1,25
$Te - 3\bar{e} \rightleftharpoons Te^{+++}$	-36,53	-0,72

1	2	2
<b>Теллур</b>		
$\text{Te}^{--} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Te}$	+31,12	+0,92
$\text{H}_2\text{Te} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Te} + 2\text{H}^+$	+23,33	+0,69
$\text{TeO}_3^{--} - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{TeO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$	-13,53	-0,4
<b>Титан</b>		
$\text{Ti} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti}^{++}$	+59,19	+1,75
$\text{Ti}^{++} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti}^{+++}$	+6,26	+0,37
$\text{Ti} - 4\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+$	+64,27	+0,95
$\text{Ti} - 4\bar{e} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{TiF}_6]^{--}$	+83,89	+1,24
<b>Углерод</b>		
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}^+$	-6,09	-0,18
$\text{CH}_3\text{OH} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{HCHO} + 2\text{H}^+$	-8,12	-0,24
$\text{HCHO} - 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOOH} + 2\text{H}^+$	+0,34	+0,01
$\text{HCOOH} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}^+$	+4,74	+0,14
$\text{CH}_3\text{CHO} - 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}^+$	-10,48	-0,31
$\text{HOOCOOH} - 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+$	+16,58	+0,49
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	-23,64	-0,699
<b>Фтор</b>		
$2\text{F}^- - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{F}_2$	-96,38	-2,85
$2\text{HF} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{F}_2 + 2\text{H}^+$	-102,4	-3,03
$2\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{OF}_2 + 2\text{H}^+$	-142,1	-2,1
<b>Хлор</b>		
$2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cl}_2$	-45,93	-1,358
$\text{Cl}^- - 6\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+$	-147,2	-1,45
$\text{Cl}^- - 6\bar{e} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$	-62,92	-0,62
$\text{Cl}^- - 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{H}^+$	-50,74	-1,50
$\text{Cl}^- - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{OCl}^- + \text{H}_2\text{O}$	-31,79	-0,94
$\text{Cl}^- - 5\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ClO}_2 + 4\text{H}^+$	-126,9	-1,50
$\text{Cl}^- - 8\bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+$	-181,3	-1,34
$\text{Cl}^- - 8\bar{e} + 8\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O}$	-69,01	-0,51
$\text{Cl}_2 - 10\bar{e} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+$	-248,6	-1,47
$\text{Cl}_2 - 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HOCl} + 2\text{H}^+$	-55,20	-1,63

Реакция тенгламаси	$\lg K_{\text{оксид.}}$	$E_{\text{оксид.}}$
<b>Хром</b>		
$\text{Cr} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{++}$	+29,09	+0,86
$\text{Cr} - 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{+++}$	+36,02	+0,71
$\text{Cr}^{++} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{+++}$	+6,93	+0,41
$\text{Cr}(\text{OH})_3 - 3\bar{e} + 5\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{--} + 4\text{H}_2\text{O}$	+6,09	+0,12
$2\text{Cr}^{+++} - 6\bar{e} + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{--} + 14\text{H}^+$	-138,0	-1,36
<b>Церий</b>		
$\text{Ce} - 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ce}^{+++}$	-126,0	-2,483
$\text{Ce}^{+++} - \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ce}^{++++}$	-24,35	-1,44
<b>Рух</b>		
$\text{Zn} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Z}^{++}$	+25,77	+0,762
$\text{Zn} - 2\bar{e} + 4\text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{CN})_4]^{--}$	+42,62	+1,26
$\text{Zn} - 2\bar{e} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO}_2^{--} + 2\text{H}_2\text{O}$	+41,11	+1,216
<b>Цирконий</b>		
$\text{Zr} - 4\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZrO}_2 + 4\text{H}^+$	+96,74	+1,43
<b>Селен</b>		
$\text{Se}^{--} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Se}$	+26,38	+0,78
$\text{H}_2\text{Se} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Se} + 2\text{H}^+$	+12,17	+0,36
$\text{H}_2\text{SeO}_3 - 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SeO}_4^{--} + 4\text{H}^+$	-38,90	-1,15
$\text{SeO}_3^{--} - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SeO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$	-1,01	-0,03
$\text{Se} - 4\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+$	-50,06	-0,74
<b>Олтингурут</b>		
$\text{S}^{--} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S}$	+16,93	+0,508
$\text{H}_2 - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S} + 2\text{H}^+$	-4,70	-0,141
$2\text{S}^{--} - 2\bar{e} \rightleftharpoons [\text{S}_2]^{--}$	+17,25	+0,51
$2\text{S}_2\text{O}_3^{--} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S}_4\text{O}_6^{--}$	-5,07	-0,15
$\text{S}^{--} - 6\bar{e} + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{--} + 3\text{H}_2\text{O}$	+61,90	+0,61
$\text{H}_2\text{SeO}_3 - 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{--} + 4\text{H}^+$	-6,76	-0,20
$\text{SO}_3^{--} - 2\bar{e} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{--} + \text{H}_2\text{O}$	+30,44	+0,90
$\text{S}^{--} - 8\bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{--} + 8\text{H}^+$	-37,55	-0,77
$2\text{SO}_4^{--} - 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S}_4\text{O}_8^{--}$	-69,34	-2,05
$2\text{SCN}^- - 2\bar{e} \rightleftharpoons (\text{SCN})_2$	-26,04	

## Қайтарилиш

$E_{\text{қайт.}}$	$\lg K_{\text{қайт.}}$	Реакция тенгласи
<b>Азот</b>		
+0,99	+16,74	$\text{HNO}_2 + \bar{e} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
+1,45	+147,1	$2\text{HNO}_2 + 6\bar{e} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
+0,94	+31,79	$\text{NO}_3^- + 2\bar{e} + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
+0,81	+13,70	$\text{NO}_3^- + \bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
+0,96	+48,71	$\text{NO}_3^- + 3\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
+0,87	+117,7	$\text{NO}_3^- + 8\bar{e} + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$
-0,12	-16,24	$\text{NO}_3^- + 8\bar{e} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$
<b>Алюминий</b>		
-1,67	-84,72	$\text{Al}^{+++} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al}$
-2,31	-117,1	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al} + 3\text{OH}^-$
-2,35	-119,2	$\text{AlO}_2^- + 3\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$
-2,13	-108,1	$[\text{AlF}_6]^{--} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al} + 6\text{F}^-$
<b>Барий</b>		
-2,90	-98,09	$\text{Ba}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ba}$
<b>Бериллий</b>		
-1,70	-57,49	$\text{Be}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Be}$
<b>Бор</b>		
-0,73	-37,03	$\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\bar{e} + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{B} + 3\text{H}_2\text{O}$
<b>Бром</b>		
+1,087	+36,77	$\text{Br} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$
+1,35	+45,65	$\text{HBrO} + 2\bar{e} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$
+0,76	+25,70	$\text{BrO}^- + 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$
+1,52	+257,0	$2\text{BrO}_3^- + 10\bar{e} + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Br} + 6\text{H}_2\text{O}$
+1,44	+146,2	$\text{BrO}_3^- + 6\bar{e} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$
+0,60	+60,89	$\text{BrO}_3^- + 6\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$
<b>Ванадий</b>		
-1,5	-50,74	$\text{V}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{V}$
-0,2	-3,39	$\text{V}^{+++} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{V}^{++}$

$E_{\text{қайт.}}$	$\lg K_{\text{қайт.}}$	Реакция тенгласи
+0,314 -1,0 +0,657 +0,37	+5,31 -16,91 +22,12 +18,77	$\text{VO}^{++} + \bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{V}^{+++} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{VO}_2^+ + \bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{VO}^{++} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{VO}_2^+ + 2\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{V}^{+++} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{VO}_2^+ + 3\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{V}^{++} + 2\text{H}_2\text{O}$
		<b>Висмут</b>
+0,215 +1,8	+10,91 +60,88	$\text{Bi}^{+++} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Bi}$ $\text{NaBiO}_3 + 2\bar{e} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Bi}^{+++} + \text{Na}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$
		<b>Водород</b>
+0,00 -2,23 -0,828	0,00 -78,81 -28,00	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$ $\text{H}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{H}^-$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
		<b>Вольфрам</b>
-0,05 -0,09 -1,1	-3,38 -9,13 -111,6	$\text{WO}_2 + 4\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{W} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{WO}_3 + 6\bar{e} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{W} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{WO}_4^{--} + 6\bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{W} + 8\text{OH}^-$
		<b>Германий</b>
-0,13	-8,79	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$
		<b>Темир</b>
-0,44 +0,771 +0,36 +0,40 -0,56	-14,88 +13,04 +6,09 +6,77 -9,47	$\text{Fe}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$ $\text{Fe}^{+++} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{++}$ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{--} + \bar{e} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{=}$ $[\text{FeF}_6]^{--} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{++} + 6\text{F}^-$ $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$
		<b>Олтин</b>
+1,42 +1,00 +1,29 +1,68	+72,04 +50,74 +43,63 +28,41	$\text{Au}^{+++} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$ $[\text{AuCl}_4]^- + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au} + 4\text{Cl}^-$ $\text{Au}^{+++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}^+$ $\text{Au}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$
		<b>Йод</b>
+0,5345	+18,07	$\text{I}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{I}^-$

$E_{\text{қайт.}}$	$\lg K_{\text{қайт.}}$	Реакция теңграмаси
+0,5355	+18,11	$[I_3]^- + 2\bar{e} \rightleftharpoons 3I^-$
+1,45	+49,05	$2HI + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons I_2 + 2H_2O$
+0,49	+16,58	$IO^- + 2\bar{e} + H_2O \rightleftharpoons I^- + 2OH^-$
+1,195	+202,0	$2IO_3^- + 10\bar{e} + 12H^+ \rightleftharpoons I_2 + 6H_2O$
+1,085	+110,1	$IO_3^- + 6\bar{e} + 6H^+ \rightleftharpoons I^- + 3H_2O$
+0,26	+26,38	$IO_3^- + 6\bar{e} + 3H_2O \rightleftharpoons I^- + 6OH^-$
		<b>Кадмий</b>
-0,4020	-13,59	$Cd^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cd$
		<b>Калий</b>
-2,922	-49,42	$K^+ + \bar{e} \rightleftharpoons K$
		<b>Углерод</b>
+0,18	+6,09	$CH_3CHO + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons C_2H_5OH$
+0,24	+8,12	$HCHO + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons CH_3OH$
-0,01	-0,34	$HCOOH + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons HCHO + H_2O$
-0,14	-4,74	$CO_2 + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons HCOOH$
+0,31	+10,48	$CH_3COOH + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons CH_3CHO + H_2O$
-0,49	-16,58	$2CO_2 + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons HOOC-COOH$
+0,699	+23,64	$C_6H_4O_2 + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons C_6H_4(OH)_2$
		<b>Фтор</b>
+2,85	+96,38	$F_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2F^-$
+3,03	+102,4	$F_2 + 2\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons 2HF$
+2,1	+142,1	$OF_2 + 4\bar{e} + 2H^+ \rightleftharpoons 2F^- + H_2O$
		<b>Хлор</b>
+1,358	+45,93	$Cl_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2Cl^-$
+1,45	+147,2	$ClO_3^- + 6\bar{e} + 6H^+ \rightleftharpoons Cl^- + 3H_2O$
+0,62	+62,92	$ClO_3^- + 6\bar{e} + 3H_2O \rightleftharpoons Cl^- + 6OH^-$
+1,50	+50,74	$HOCl + 2\bar{e} + H^+ \rightleftharpoons Cl^- + H_2O$
+0,94	+31,79	$ClO^- + 2\bar{e} + H_2O \rightleftharpoons Cl^- + 2OH^-$
+1,50	+126,9	$ClO_2 + 5\bar{e} + 4H^+ \rightleftharpoons Cl^- + 2H_2O$
+1,34	+181,3	$ClO_4^- + 8\bar{e} + 8H^+ \rightleftharpoons Cl^- + 4H_2O$
+0,51	+69,01	$ClO_4^- + 8\bar{e} + 4H_2O \rightleftharpoons Cl^- + 8OH^-$

$E_{\text{қайт.}}$	$\lg K_{\text{қайт.}}$	Реакция тенгламаси
+1,47 +1,63	+248,6 +55,20	$2\text{ClO}_3^- + 10\bar{e} + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{HOCl} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
		<b>Хром</b>
-0,86 -0,71 -0,41 -0,12 +1,36	-29,09 -36,02 -6,93 -6,09 +138,0	$\text{Cr}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$ $\text{Cr}^{+++} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$ $\text{Cr}^{+++} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}^{++}$ $\text{CrO}_4^{--} + 3\bar{e} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{--} + 6\bar{e} + 14\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{+++} + 7\text{H}_2\text{O}$
		<b>Церий</b>
+2,483 +1,44	+126,0 +24,35	$\text{Ce}^{+++} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ce}$ $\text{Ce}^{++++} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ce}^{+++}$
		<b>Рух</b>
-0,762 -1,26 -1,216	-25,77 -42,62 -41,11	$\text{Zn}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$ $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{--} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{CN}^-$ $\text{ZnO}_2^{--} + 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$
		<b>Цирконий</b>
-1,43	-96,74	$\text{ZrO}_2 + 4\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O}$
		<b>Селен</b>
-0,78 -0,36 +1,15 +0,03 +0,74	-26,38 -12,17 +38,90 +1,01 +50,06	$\text{Se} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Se}^{--}$ $\text{Se} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{Se}$ $\text{SeO}_4^{--} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SeO}_4^{--} + 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SeO}_3^{--} + 2\text{OH}^-$ $\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$
		<b>Олтингугурт</b>
-0,508 +0,141 -0,51 +0,15 -0,61 +0,20 -0,90	-16,93 +4,70 -12,25 +5,07 -61,90 +6,76 -30,44	$\text{S} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{S}^{--}$ $\text{S} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$ $[\text{S}_2]^{--} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{S}^{--}$ $\text{S}_4\text{O}_6^{--} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{--}$ $\text{SO}_3^{--} + 6\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{S}^{--} + 6\text{OH}^-$ $\text{SO}_4^{--} + 2\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SO}_4^{--} + 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{--} + 2\text{OH}^-$

$E_{\text{қайт.}}$	$\lg K_{\text{қайт.}}$	Реакция тенгласи
+0,37	+37,55	$\text{SO}_4^{--} + 8\bar{e} + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$
+2,05	+69,34	$\text{S}_2\text{O}_2^{--} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{--}$
+0,77	+26,04	$(\text{C})_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{SCN}^-$
<b>Кумуш</b>		
+0,7995	+13,52	$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$
+0,344	+11,63	$\text{Ag}_2\text{O} + 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$
-0,71	-24,02	$\text{Ag}_2\text{S} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{S}^{--}$
-0,29	-4,91	$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + 2\text{CN}^-$
+0,2223	+3,76	$\text{AgCl} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$
+0,073	+1,23	$\text{AgBr} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Br}^-$
-0,151	-2,55	$\text{AgI} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$
<b>Сурьма</b>		
-0,51	-25,87	$\text{Sb} + 3\bar{e} + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{SbH}_3$
+0,6212	+10,75	$\text{SbO}^+ + 3\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Sb} + \text{H}_2\text{O}$
-0,59	-19,95	$\text{SbO}_3 + 2\bar{e} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SbO}_2^- + 2\text{OH}^-$
<b>Таллий</b>		
-0,3363	-5,69	$\text{Tl}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Tl}$
+1,25	+42,28	$\text{Tl}^{+++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Tl}^+$
+0,72	+36,53	$\text{Tl}^{+++} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Tl}^-$
<b>Теллур</b>		
-0,92	-31,12	$\text{Te} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Te}^{--}$
-0,69	-23,33	$\text{Te} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{Te}$
+0,4	+13,53	$\text{TeO}_4^{--} + 2\bar{e} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TeO}_3^{--} + 2\text{OH}^-$
<b>Титан</b>		
-1,75	-59,19	$\text{Ti}^{++} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti}$
-0,37	-6,26	$\text{Ti}^{+++} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti}^{++}$
-0,95	-64,27	$\text{TiO}_2 + 4\bar{e} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ti} + 2\text{H}_2\text{O}$
-1,24	-83,89	$[\text{TiF}_6]^{--} + 4\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ti} + 6\text{F}^-$

## Ҳажмий аналитик кўпайтувчилар ва уларнинг логарифмлари

$$F = \frac{\text{Эаниқланадиган модда}}{\text{Эишчи модда}}$$

Аниқланадиган модда	Ишчи модда	F	lgF
<b>Оксидиметрия</b>			
KMnO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,5014	1,7002
KMnO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> сувсиз	0,7021	1,8464
KMnO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,4718	1,6738
KMnO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	0,4448	1,6482
KMnO <sub>4</sub>	Fe	0,5659	1,7527
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>	1,4240	0,1535
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	KMnO <sub>4</sub>	1,9942	0,2998
Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>	2,1197	0,3263
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	KMnO <sub>4</sub>	2,2481	0,3518
Fe	KMnO <sub>4</sub>	1,7670	0,2472
FeSO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>	4,8064	0,6818
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KMnO <sub>4</sub>	2,5260	0,4024
NaNO <sub>2</sub>	KMnO <sub>4</sub>	1,0915	0,0380
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	KMnO <sub>4</sub>	1,9940	0,2997
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> · 7H <sub>2</sub> O	KMnO <sub>4</sub>	3,9892	0,6009
MnO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,6488	1,8121
MnO <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	0,6118	1,7866
MnO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,6896	1,8386
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	I	0,4966	1,6960
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> · 7H <sub>2</sub> O	I	0,9935	1,9972
H <sub>2</sub> S	I	0,1343	1,1281
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	I	0,3897	1,5907
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	5,0613	0,7043
Cl	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,1429	1,1550
I	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,5113	1,7087
KIO <sub>3</sub> (I орқали)	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,1437	1,1575
CrO <sub>3</sub> — —	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0,1343	1,1281
<b>Нейтраллаш усули</b>			
HCl	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O	0,1912	1,2815
HCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,6892	1,8377
HCl	Na	1,5860	0,2004
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O	0,2571	1,4101
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,9253	1,9663
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na	2,1325	0,3289
KOH	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,8902	1,9495
NaOH	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,6346	1,8025
SO <sub>3</sub>	KOH	0,7135	1,8534
SO <sub>3</sub>	NaOH	1,0008	0,0003
KOH	HCl	1,5387	0,1872
KOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,1442	0,0585
K <sub>2</sub> O	HCl	1,2916	0,1111
K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,9604	1,9825
NaOH	HCl	1,0969	0,0402
NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,8156	1,9115
Na <sub>2</sub> O	HCl	0,8499	1,9294
Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,6320	1,8007

**Индикаторлар**  
**Кислота-асосли индикаторлар**

Номи	рН нинг интервали		Рангининг узгариши	
	сувда	ацетонда	кислотали форма	шқорий форма
Метил бинафшаси (1-ўтиш)	0,13—0,5	—	сарик	яшил
Метил сариғи	0,1—2,0	—	сарик	яшил
Метил бинафшаси (2-ўтиш)	1,0—1,5	—	яшил	сарик
Тимол кўки (1-ўтиш)	1,2—2,8	2,4—4,0	қизил	сарик
Тропеолин 00	1,4—3,2	—	қизил	бинафша
Метил бинафшаси (3-ўтиш)	2,0—3,0	—	кўк	сарик
3,4- Динитрофенол	2,4—4,0	—	рангсиз	сарик
3,5- Динитрофенол	2,8—4,4	—	рангсиз	
Метилоранж	3,0—4,4	1,0—2,7	қизил	сарик
Бромфенол кўки	3,0—4,6	6,5—8,3	сарик	кўк
Конго қизили	3,0—5,2	—	кўкиш-бинафша	қизил
Ализарин қизили (1-ўтиш)	3,7—5,2	—	сарик	бинафша
3,4- Динитрофенол	4,0—5,4	—	рангсиз	сарик
Метил қизили	4,4—6,2	1,7—3,7	қизил	сарик
Нитрофенол	5,6—7,6	—	рангсиз	сарик
Бромтимол кўки	6,0—7,6	11,4—12,8	сарик	кўк
Нейтрал қизили	6,8—8,0	—	қизил	сарик
Тимол кўки (2-ўтиш)	8,0—9,6	—	сарик	кўк
Фенолфталеин	8,2—10,0	—	рангсиз	қизил
Тимолфталеин	9,4—10,5	—	рангсиз	кўк
Индигокармин	11,6—14,0	—	кўк	сарик

**Оксидланиш-қайтарилиш индикаторлари**

Номи	рН-О да $E_0$	Рангининг узгариши	
		$E_{\text{оксид.}}$	$E_{\text{қайт.}}$
Сафканин Т	0,24	қизил	рангсиз
Нейтрал қизили	0,24	қизил	рангсиз
Индигомоносульфон кислота	0,26	кўк	рангсиз
Индиготетрасульфен кислота	0,37	кўк	рангсиз
Метилеи кўки	0,53	яшил-кўкиш	рангсиз
2,6- дихлорфенолиндофенол	0,64	кўк	рангсиз
2,6- дибромбензолиндофенол	0,67	кўк	рангсиз
Дифениламин	0,76	бинафша	рангсиз
Дифениламинсульфон кислота	0,85	қизғиш-бинафша	рангсиз
Фенилантраил кислотаси	1,08	бинафша-тўқ	рангсиз
1,10- фенантрил — Fe(II)-комплекс	1,06	қизил	қизил
Нитро-о-фенонтраил — Fe(II)- комплекс	1,25	оч ҳаво ранг	бинафша
		оч ҳаво ранг	қизил

Стьюдент коэффициенти ( $t_{\alpha, p}$ )

$n-1$	Ишончлик (p)				$n-1$	Ишончлик (p)			
	0,9	0,95	0,99	0,999		0,9	0,99	0,99	0,999
1	6,31	12,71	63,66	636,62	9	1,83	2,26	3,25	4,78
2	2,92	4,30	9,92	31,60	10	1,81	2,23	3,17	4,59
3	2,35	3,18	5,84	12,94	20	1,73	2,09	2,85	3,85
4	2,13	2,78	4,60	8,61	30	1,70	2,04	2,75	3,65
5	2,01	2,57	4,03	6,86	60	1,67	2,00	2,66	3,46
6	1,94	2,45	3,71	5,96	120	1,66	1,98	2,62	3,37
7	1,90	2,37	3,50	5,41		1,64	1,96	2,58	3,29
8	1,86	2,31	3,36	5,04					

12-жадвал

13-жадвал

Баъзи металллар трилонат комплексларининг барқарорлик константаси логарифмлари

Турли pH қийматларида ЭДТА<sup>4-</sup> — ион формасининг улушлари

Ион	$\lg K_{МУ}$	Ион	$\lg K_{МУ}$
Mg <sup>++</sup>	8,69	Co <sup>++</sup>	16,31
Ca <sup>++</sup>	10,70	Ni <sup>++</sup>	18,62
Sr <sup>++</sup>	8,63	Cu <sup>++</sup>	18,80
Ba <sup>++</sup>	7,76	Zn <sup>++</sup>	16,50
Fe <sup>++</sup>	14,33	Cd <sup>++</sup>	16,45
Fe <sup>+++</sup>	25,16	Pb <sup>++</sup>	18,04

pH	$\lg a_1$	pH	$\lg a_1$
2,0	13,44	7,0	3,33
2,5	11,86	8,0	2,29
3,0	10,60	9,0	1,29
4,0	8,48	10,0	0,46
5,0	6,45	11,0	0,07
6,0	4,66	12,0	0,00

## МАСАЛАЛАРНИНГ ЖАВОБЛАРИ

1.  $1,4 \cdot 10^{-4}$  М/л·сек.
2.  $0,1 \text{ л}^2/\text{М} \cdot \text{мин}$ .
3. 8 марта.
4. 9 марта.
5. 8 марта.
6.  $N_2=0,07 \text{ М л}$ ;  $O_2=0,164 \text{ М/л}$ .
7. 1,5 марта ортади.
11. 48 марта ортади.
12. Тескари томонга.
13. Таъсир этмайди.
14. Ўннга силжийди.
20.  $K=1,5$ ;  $O_2=0,68 \text{ М/л}$ .
21.  $K=9$ .
22.  $K=1,3$ .
23.  $K > K''$  1,25 марта.
24.  $K > K''$  4 марта.
25.  $[CO]=1,5 \text{ М/л}$ ,  $[Cl_2]=1,0 \text{ М/л}$ .
26.  $[A]=0,95 \text{ М/л}$ ,  $[B]=0,75 \text{ М/л}$ .
27.  $[HCl]=0,91, 1,50, 1,74, 1,83 \text{ М/л}$ .
28.  $[CO]=H_2O=0,067 \text{ М/л}$ ,  $[CO_2]=0,03 \text{ М/л}$ ,  $[H_2]=0,13 \text{ М/л}$ .
29.  $\mu=0,33$ .
30.  $a_{NH_4^+} \approx 1,7 \cdot 10^{-3}$ ,  $a_{Fe^{3+}} \approx 5,6 \cdot 10^{-4}$ ,  $a_{SO_4^{2-}} \approx 2,3 \cdot 10^{-3}$ .
31.  $a_{Fe^{3+}}=5,6 \cdot 10^{-4}$ ,  $a_{SO_4^{2-}}=1,7 \cdot 10^{-3}$ .
33.  $a_{Ca^{2+}}=0,00506$ ,  $a_{Cl^-}=0,01687$ .
34. а) 0, 1; б) 0, 3; в) 0, 4; г) 0, 18.
35.  $a_{OH^-}=1,17 \cdot 10^{-3}$ , 01 н аммоний тузининг бўлиши  $a_{OH^-}$  ни тахминан 80 марта пасайтиради.
42. 42,4%.
43. 1,34%.
44.  $K=1,71 \cdot 10^{-3}$ ,  $\alpha=1,3\%$ .
45.  $1,94 \cdot 10^{-4}$ .
46.  $1,79 \cdot 10^{-5}$ .
47.  $CH_3COO^- = 1,14 \cdot 10^{-4}$ ;  $\alpha=0,0114\%$ .
48.  $[NH_4^+] = 4,52 \cdot 10^{-5}$ ;  $\alpha=0,0114\%$ .
49. 1) 3,47%, 2) 95,1%.
50. 1) 0,02%; 2) 92,1%.
51. 1)  $\alpha=0,09$ ,  $pH=2,05$ ; 2)  $\alpha=-1,0$ ,  $pH=3,02$ ; 3)  $\alpha=1,0$ ,  $\alpha=-0,22$ ,  $pH=0,61$ ; 4)  $\alpha=0,268$ ,  $pH=1,61$ ; 5)  $\alpha=0,138$ ,  $pH=2,87$ ; 6)  $\alpha=0,0441$ ,  $pH=2,88$ ; 7)  $\alpha=1,10^{-3}$ ;  $pH=4,0$ .
52. 1)  $\alpha=0,0170$ ,  $pH=2,77$ ; 2)  $\alpha=0,0186$ ,  $pH=2,77$ ; 3)  $\alpha=0,0174$ ,  $pH=2,76$ ; 4)  $\alpha=0,0191$ ,  $pH=2,72$ ; 5)  $\alpha=-0,0186$ ,  $pH=2,73$ ; 6)  $\alpha=0,0191$ ,  $pH=2,72$ ; 7)  $\alpha=0,0186$ ,  $pH=2,73$ .
53. а) 2,30; б) 12,13.
54. а)  $[H^+]=2,34 \cdot 10^{-3}$ ;  $[OH^-]=4,27 \cdot 10^{-12}$  г-ион/л; б)  $[H^+]=3,54 \cdot 10^{-13}$ ;  $[OH^-]=2,82 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л.
55.  $3 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
56.  $1 \cdot 10^{-5}$  г-ион/л.
57. 3,45.
58. 1,5.
59.  $4,1 \cdot 10^{-12}$  г-ион/л.
60.  $pH=3,72$ ;  $[OH^-]=2 \cdot 10^{-11}$ .
61.  $pH=11,7$ ;  $[OH^-]=4,8 \cdot 10^{-3}$ .
62.  $[H^+]=1,45 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $pH=1,8$ .
63.  $[H^+]=1,2 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $pH=1,9$ .
64.  $[SO_4^{2-}]=1 \cdot 10^{-7}$  г-ион/л.
65.  $[S^{2-}]=1,2 \cdot 10^{-15}$  г-ион/л.
66.  $[H^+]=1,5 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $pH=1,8$ .
67.  $[H^+]=1,0 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $pH=1,98$ .
68.  $[H^+]=2,1 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $pH=1,67$ .
69.  $[H^+]=1,4 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л;  $pH=1,85$ .

70.  $1,34 \cdot 10^{-3}$ ,  $5,2 \cdot 10^{-8}$  ва  
 $1,34 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
71. 0,01 н, 0,15 ва  $1,2 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
72.  $[H^+] = 8,2 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л;  
 $pH = 2,1$ .
73.  $[H^+] = 1,3 \cdot 10^{-4}$  г-ион/л;  
 $pH = 3,9$ .
74.  $[H^+] = [HSO_3^-] = 5,04 \cdot 10^{-2}$ ;  
 $[SO_3^{2-}] = 6,20 \cdot 10^{-3}$ .
75.  $[H^+] = [H_2AsO_4^-] = 2,17 \cdot 10^{-2}$ ;  
 $[HAsO_4^{2-}] = 1,05 \cdot 10^{-7}$ .
76.  $3,6 \cdot 10^{-2}$ ;  $3,6 \cdot 10^{-2}$ ;  $1,6 \cdot 10^{-7}$ ;  
 $1,4 \cdot 10^{-17}$ ;  $0,26 M$ .
77. 4,20.
78.  $[H^+] = 5,75 \cdot 10^{-15}$   $[OH^-] = 1,74 \cdot 10^{-10}$ ;  
 $pH = 4,24$ .
79. 4,76.
80.  $[H^+] = 1,12 \cdot 10^{-4}$ ;  $[OH^-] = 8,91 \cdot 10^{-11}$ ;  
 $pH = 3,95$ .
81. 3,45.
82. 27,7 мл.
83. 10 мл.
84.  $1,3 \cdot 10^{-4}$  г-ион/л.
85. 0,02 г.
86. Буфер:  $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$  ара-  
 лашмаси.
87. а)  $4,5 \cdot 10^{-2}$  ва  $pH = 1,35$ ;  
 б)  $pH = 1,42$ .
88. а) буфер ара-лашма:  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$   
 ва  $NaHC_2O_4 \cdot 2H_2O$ ;  
 б) 1 M  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  ва  
 $2,4 M NaHC_2O_4 \cdot 2H_2O$  бўлиши  
 керак.
89. 10,26.
90. 3,74.
106. 0,0092 M/л.
107.  $1,4 \cdot 10^{-4}$  M/л.
108.  $1,3 \cdot 10^{-5}$  M/л.
109.  $1,1 \cdot 10^{-5}$  г-ион/л.
110.  $1,5 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л.
111.  $1,3 \cdot 10^{-4}$  г-ион/л.
112.  $0,98 \cdot 10^{-10}$ .
113.  $1,7 \cdot 10^{-8}$ .
114.  $1,69 \cdot 10^{-10}$ .
115.  $8,2 \cdot 10^{-12}$ .
116.  $1,3 \cdot 10^{-4}$  г/100.
117. 0,10 г/100 г  $H_2O$ .
118.  $7 \cdot 10^{-5}$  г-ион/л.
119.  $7,9 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
120.  $1 \cdot 10^{-5}$  г-ион/л.
121. 117 л.
122.  $1,3 \cdot 10^{-4}$  M/л ва  $3,9 \cdot 10^{-2}$   
 г/л.
123. 0,45 г.
124.  $1,7 \cdot 10^{-3}$  M г.
125.  $[CrO_4^{2-}] = 7,9 \cdot 10^{-5}$ ;  
 $[Ag^+] = 1,6 \cdot 10^{-4}$ .
126.  $[Pb^{2+}] = 1,6 \cdot 10^{-2}$ ;  $[Cl^-] = 3,2 \cdot 10^{-2}$ .
127.  $1,13 \cdot 10^{-4}$  M/л.
128. 5,76 г.
129. 1)  $2,2 \cdot 10^{-4}$  г/100 мл;  
 2)  $2,6 \cdot 10^{-8}$  г/100 мл; 3) 0,132  
 г/100 мл; 4)  $1,61 \cdot 10^{-2}$  г/100 мл.
130. 1)  $Ba_3Fe(CN)_6$  256 марта;  
 2)  $Ca_3(PO_4)_2$   $2,2 \cdot 10^{-5}$  марта;  
 3)  $PbBr_2$   $5,4 \cdot 10^{-5}$  марта; 4)  
 $FeC_2O_4$  2,6 марта; 5)  $Ni(IO_3)_2$   
 517 марта.
131.  $1,2 \cdot 10^{-6}$  г/л;  $[Pb^{2+}] = 4,5 \cdot 10^{-9}$ ;  
 $[PO_4^{3-}] = 3 \cdot 10^{-9}$ .
133.  $5,6 \cdot 10^{-8}$ .
134. 1)  $5,6 \cdot 10^{-4}$  M/л; 2)  $1,8 \cdot 10^{-9}$   
 M/л; 3)  $1,5 \cdot 10^{-7}$  M/л;  
 4)  $4,8 \cdot 10^{-5}$  M/л.
135. а)  $7,5 \cdot 10^{-5}$ ; б)  $8,9 \cdot 10^{-10}$ ;  
 в)  $10^{-5}$ ; г)  $9,3 \cdot 10^{-5}$  M/л.
136. а)  $0,99 \cdot 10^{-9}$  г-ион/л;  
 б) 1,10 марта.
137. а)  $6,9 \cdot 10^{-9}$  г-ион/л; б) 33  
 марта.
138. 30 мл
139.  $1,8 \cdot 10^{-4}$  M/л.
140. 1,3 марта камаяди.
141. 1)  $3,2 \cdot 10^{-8}$ ; 2)  $1 \cdot 10^{-14}$ ;  
 3)  $3,5 \cdot 10^{-8}$ ; 4)  $5,8 \cdot 10^{-3}$  M/л.
142.  $4,7 \cdot 10^{-9}$  мг.
143. 0,25 г/л.
144.  $7,6 \cdot 10^{-12}$ , чўкмаиди.
145.  $1,5 \cdot 10^{-7}$ , чўкади.
146. AgCl.
147.  $PbCrO_4$ .
148.  $[Cl^-] = 9,514 \cdot 10^{-6}$ .
149.  $1,0 \cdot 10^{-2}$  M/л  $K_2CrO_4$ ;  
 $[Ba^{2+}] = 3,3 \cdot 10^{-7}$ .
150.  $1,2 \cdot 10^{-5}$  чўкади.
151.  $[Ca^{2+}] : [Ba^{2+}] = 2 \cdot 10^5$ .
152.  $[CO_3^{2-}] : [CrO_4^{2-}] = 5$ .
153.  $[Ca^{2+}]$  иони концентрацияси 43  
 марта ортиқ бўлиши керак.
154.  $[SO_3^{2-}]$   $[C_2O_4^{2-}]$  га нисба-  
 тан 35 марта катта бўлиши  
 керак.
155.  $6 \cdot 10^{-4}$  г-ион/л.
156. 6,7.
157. 1) 2,64, 2) 0,39, 3) 1,70.

158. 0,14.
159. 1) 2,29, 2) 0,90, 3) 6,14.
160.  $5,0 \cdot 10^{-28}$  ҳосил бўлмади.
161.  $7,22 \cdot 10^{-2}$  чўкмайди.
162. 483 мг.
163.  $5,7 \cdot 10^{-7}$  г-ион/л.
164.  $1,8 \cdot 10^{-6}$  г-ион/л.
165. CuS.
166. Мумкин эмас.
167. 0,33 г-ион/л.
168.  $Pb^{++}$  ва  $Cu^{++}$ .
169. а)  $4,7 \cdot 10^{-11}$  г-ион/л; б)  $7,3 \cdot 10^{-12}$  г/л.
170.  $1,05 \cdot 10^{-10}$ .
171. а)  $1,21 \cdot 10^{-4}$ ;  $1,54 \cdot 10^{-3}$ ;  $1,67 \cdot 10^{-4}$ ;  $8,57 \cdot 10^{-7}$ ; б) 9,9; 9,2; 10,2; 9,4.
172.  $7,42 \cdot 10^{-14}$  г-ион/л гидролиз ҳисобга олинмаганда;  $1,36 \cdot 10^{-18}$  г-ион/л гидролиз ҳисобга олгандагига нисбатан 545 марта кичик.
173.  $8,1 \cdot 10^{-6}$  г-ион/л.
174.  $1,1 \cdot 10^{-10}$  г-ион/л.
175.  $4 \cdot 10^{-12}$  г-ион/л.
176.  $2,0 \cdot 10^{-13}$  г/л.
177. 1) ЭК= $9,68 \cdot 10^{-10}$ , pH= $7,05$ ; 2) ЭК= $2,31 \cdot 10^{-10}$ , pH= $7,07$ ; 3) ЭК= $8,73 \cdot 10^{-12}$ , pH= $7,33$ ; 4) ЭК= $6,3 \cdot 10^{-8}$ , pH= $7,33$ ; 5) ЭК= $2,01 \cdot 10^{-11}$ , pH= $8,11$ ; 6) ЭК= $9,6 \cdot 10^{-15}$ , pH= $8,17$ ; 7) ЭК= $1,02 \cdot 10^{-15}$ , pH= $8,93$ ; 8) ЭК= $1,5 \cdot 10^{-9}$ , pH= $7,24$ ; 9) ЭК= $6,9 \cdot 10^{-01}$ , pH= $7,00$ ; 10) ЭК= $2,38 \cdot 10^{-54}$ , pH= $7,00$ ; 11) ЭК= $9,73 \cdot 10^{-6}$ , pH= $9,91$ ; 12) ЭК= $5,25 \cdot 10^{-12}$ , pH= $9,0$ .
178.  $4,4 \cdot 10^{-5}$  г-ион/л.
179.  $2,25 \cdot 10^{-9}$  г-ион/л.
180.  $1,05 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
181.  $2,81 \cdot 10^{-7}$  г-ион/л.
182.  $1,7 \cdot 10^{-2}$  г-ион/л.
183.  $6,7 \cdot 10^{-2}$  М/л.
184.  $9,3 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
185.  $4,7 \cdot 10^{-3}$  г-ион/л.
186. AgCl.
187.  $3,6 \cdot 10^{-7}$  М/л.
188.  $1,3 \cdot 10^9$  М/л.
189. pH= $8,88$ ,  $h=7,6 \cdot 10^{-3}\%$ .
190. pH= $10,95$ ,  $h=1,8\%$ .
191. pH= $8,37$ ;  $h=2,35 \cdot 10^{-3}\%$ .
192. pH= $11,25$ ;  $h=0,9\%$ .
193. 0,78 г.
194.  $6,5 \cdot 10^{-2}$  г.
195. pH= $12,7$ ;  $h=1,11 \cdot 15\%$ .
196. 1) 6,27; 2) 10,16.
197. 38,1 мг.
198. pH= $5,32$ ;  $h=1,2 \cdot 10^{-2}\%$ .
199. pH= $3,99$ ;  $h=1,02\%$ .
200. pH= $5,84$ ;  $h=1,45 \cdot 10^{-3}\%$ .
201. 0,23 г.
202. 0,011 М/л.
203.  $5,7 \cdot 10^{-4}\%$ .
204. 0,24 мг.
205. pH= $5,4$ ;  $h=1,36 \cdot 10^{-2}\%$ .
206. 7,56.
207.  $[H^+]=10^{-7}$ ,  $[OH^-]=10^{-7}$ ,  $h=0,54\%$ .
208.  $[H^+]=1,1 \cdot 10^{-3}$ ,  $[OH^-]=9,3 \cdot 10^{-6}$ ,  $h=39,5\%$ .
209. pH= $5,6$ ;  $h=2,5 \cdot 10^{-5}\%$ .
210.  $6,2 \cdot 10^{-10}$ .
211.  $1,8 \cdot 10^{-4}$ .
212. pH= $11,50$ ,  $h=6,6\%$ .
213. pH= $11,51$ ,  $h=6,42\%$ ; pH= $11,16$ .
214. pH= $8,48$ ;  $h=6,1 \cdot 10^{-3}\%$ ; pH= $7,98$ .
215. pH= $8,48$ ;  $h=6,1 \cdot 10^{-3}\%$ .
216. 0,067 г;  $h=0,96 \cdot 10^{-2}\%$ .
217. 1) pH= $5,70$ ,  $h=1,58 \cdot 10^{-2}\%$ ; 2) pH= $5,80$ ,  $h=1,58 \cdot 10^{-2}\%$ ; 3) pH= $6,05$ ,  $h=8,9 \cdot 10^{-3}\%$ ; 4) pH= $4,0$ ,  $h=0,1\%$ ; 5) pH= $1,77$ ,  $h=33,8\%$ ; 6) pH= $2,72$ ,  $h=9,5\%$ ; 7) pH= $2,77$ ,  $h=5,6\%$ ; 8) pH= $2,05$ ,  $h=89\%$ ; 9) pH= $5,57$ ,  $h=5,44 \cdot 10^{-3}\%$ ; 10) pH= $33,3$ ,  $h=2,34\%$ ; 11) pH $^{\circ}=1,74$ ,  $h=91,5\%$ ; 12) pH= $5,22$ ,  $h=6,02 \cdot 10^{-2}\%$ ; 13) pH= $2,34$ ,  $h=23,0\%$ .
218.  $K=3,4 \cdot 10^{-3}$ ;  $h=18,2\%$ .
219. 1) 11,63; 2) 13,09; 3) 13,22; 4) 12,84.
220.  $K_{Na_2SO_3}=1,6 \cdot 10^{-7}$ ;  
 $K_{NaHSO_3}=3,7 \cdot 10^{-6}$ .
221.  $h_{Na_2SO_3}=0,13\%$ ,  $h_{NaHSO_3} \approx 0,38\%$ .
222. 0,78 г.
223. 1) 9,80; 2) 4,67; 3) 8,04; 4) 4,67.
225. FeS чўкмага тушмайди.
226. 0,023 г-ион/л; 0,573 г-ион/л;  $1,06 \cdot 10^{-16}$  г-ион/л.
227. Чўкма тушади.
228. 0,1 М.
229. 2,6 мл.
243. 1,29 В.
244. 0,73 В.
245. 0,12 В.

246. — 0,066 B  
 247. — 0,286 B  
 248. — 0,286 B  
 249. 0,286 B  
 250. 0,577 B  
 251. — 0,754 B  
 252. — 0,274 B  
 253. — 0,406 B  
 254. — 0,293 B  
 255. 1) 1,158 B; 2) 2,396 B;  
 3) 0,71 B; 4) 0,896 B  
 256. 1)  $4,6 \cdot 10^{10}$ ; 2)  $4,0 \cdot 10^{-10}$ ;  
 3)  $4,5 \cdot 10^{13}$ ; 4)  $1,1 \cdot 10^{11}$ ; 5)  $1,5 \cdot 10^{-10}$ ;  
 6)  $2,4 \cdot 10^{-13}$ ; 7)  $1,9 \cdot 10^{10}$ ;  
 8)  $1,4 \cdot 10^{12}$ ; 9)  $4,9 \cdot 10^{-10}$ ;  
 10)  $2,6 \cdot 10^{11}$   
 257. Мис икки валентли, симоб бир валентли ҳолатда бўлади.  
 258.  $[H_2O_2] = 2,07 \cdot 10^{-15}$ ,  $[I^-] = 4,14 \cdot 10^{-15}$ ,  $[I_2] = 0,1$ .  
 259.  $[S^{2-}] = 1,28 \cdot 10^{-32}$ ,  $[NO_3^-] = 2,98$ .  
 260.  $[Fe^{2+}] = 0,1$ ,  $[Fe^{3+}] = 1,41 \cdot 10^{-3}$ ,  $[I^-] = 1,41 \cdot 10^{-3}$ ,  $[I_2] = 0,05$ .  
 261. 0,0426 г.  
 262. 0,5166 г.  
 263. 9,0 мл.  
 264. 0,18 мл.  
 265. 5,03 мл.  
 266. 3,375.  
 268.  $\approx 0,2$  г.  
 269.  $1,213 \cdot 10^{-5}$  г.  
 270.  $4,5 \cdot 10^{-3}$ .  
 271. 0,6%.  
 272. 0,16%.  
 273.  $2,8 \cdot 10^{-6}$  г.  
 274. 0,6 мл.  
 275.  $2,619 \cdot 10^{-7}$ .  
 276. 16,2 мл.  
 277. 6,87 мл.  
 278.  $6,71 \cdot 10^{-5}$ %.  
 279. 0,15 г дан ортиқ бўлмаслиқ.  
 280. 0,3—0,5 г.  
 281. 2 г  $Ca^{2+}$  ва 1/4 қисм  $Mg^{2+}$  керак.  
 282. 0,62 г.  
 283. 4,5 мл.  
 284. 2,5 мл.  
 285. а) 46,01%; б) 59,19%.  
 286. 79,24%.  
 287. а) 0,97%, б) 30,92%.  
 в) 1,28%.  
 288. 0,04729 г.  
 289. а) 0,1156 г, б) 0,3143 г,  
 в) 0,5752 г.

300. а) 0,1119 г, б) 0,2891 г  
 в) 0,4003 г  
 301. 0,00021 г  
 302. 0,9200 г  
 303. 41,73 г  
 304. 72,40 г  
 306. 41,40 г  
 К,50  
 296. 76,24%  
 297. 2,72%  
 298. 24,2%  
 34,01%  
 299. 0,2007  
 300. 0,2226  
 301. 0,1071%  
 302. 37%  
 303. 2,25%  
 304. 2,20%  
 305. 2%  
 306. 200 г  
 307. 22,75 г  
 308. 8,29  
 309. 3,4 М  
 310. 2,34 М  
 311. 20 г  
 312. 1,21 г/мл  
 313. 56,9%  
 314. 32,86 н. 16,93 М.  
 315. а) 0,0943 н. б) 0,0472 М,  
 в) 0,005000 г/мл.  
 316. 0,1044 н ёки 0,0522 М.  
 325. 0,1132 г.  
 326. 55,8%.  
 327. а) 43,6%, б) 60,00%.  
 в) 8,75 М.  
 328. а) 0,005624, б) 0,  
 329. 0,1958 г.  
 330. 0,03647.  
 331. 0,002503.  
 332. 0,04960.  
 333. 0,002341.  
 334. 0,7262 г.  
 335. 1,386 г.  
 336. 0,1 н учун 1,124.  
 337. 0,02 н учун 0,9900.  
 338. 0,5 н учун 1,010.  
 339. 0,2 н учун 0,9998.  
 340. 0,1 н учун 0,9645.  
 341. 0,1 н учун 1,260.  
 342. 0,004572.  
 343. 0,5290 н.  
 344.  $N_{H_2SO_4} = 0,04904$ ,  $M_{H_2SO_4} = 0,09808$ ,  $T_{H_2SO_4} = 0,04814$ ,  
 $T_{H_2SO_4 NaOH} = 0,003923$ .  
 345. 0,0866 г.  
 346. 856 мг.

347. 0,4950 н.  
 348. 43,9%.  
 349. а) 67,41%  $\text{HNO}_3$ , б) 57,77%  $\text{N}_2\text{O}_5$ .  
 350. 261,4 мг.  
 351. 0,08993 г/мл.  
 352. 21,48%.  
 353. 5,06%.  
 354. 55,22% Al, 44,78% Cu.  
 355. 9,49 мл.  
 356. 304,0 мл.  
 357. 0,3000 н.  
 358. 0,009330 г/мл.  
 359. 0,003360 г/мл.  
 360. 0,0800 н, 0,001360 г/мл.  
 361. 0,000680 г/мл.  
 362. 13,30 мл.  
 363. 132,5 мг.  
 364. 15,02 мл.  
 365. 1,62%.  
 366. 98,79%.  
 367. 32,00% NaOH, 37,00%  $\text{Ca(OH)}_2$ .  
 368. 59,14%.  
 369. 79,44%.  
 370. 50,00%.  
 371. 20,72%.  
 372. 87,50%.  
 376. 10,24, 9,63, 9,25, 9,29, 4,97.  
 378. 4,0—10,0.  
 379. 7,86 дан 10,40 гача.  
 380. 9,28.  
 381. 4,72.  
 382. 7,93.  
 383. 5,40.  
 384. Морин (7,82—10).  
 385. Фенолфталеин (2,2—10); нафтол бензени (8,4—10).  
 386. Бромфенол куки (3,0—4,6); метилоранж (3,0—4,6).  
 389. 103,96 г.  
 390. 17,01 г, 17,01 г.  
 391. 28,98 г.  
 392. 0,08000 н, 0,002230 г/мл, 0,002997 г/мл.  
 393. 0,7901 г.  
 394. 0,7879 г.  
 395. 0,01000 M, 0,0279 г/мл.  
 396. 0,04900 н.  
 397. 2,3706 г.  
 398. 0,06250 н.  
 399. 0,1904 г.  
 400. 74,1 мг.  
 401. 50,4%.  
 402. 78,4%.  
 403. 0,03845 г.  
 404. 98,28%.  
 405.  $\approx 12,02\%$ .  
 406. 1,96%.  
 407. 0,17%.  
 408. 155 мг.  
 409. 84,1 мг.  
 410.  $\approx 50$  мл.  
 411. 21,64 мл.  
 412.  $\approx 0,84$  г.  
 414. 1,347 B.  
 415. 1,330 B.  
 416. 0,940 B.  
 417. 0,450 B.  
 418.  $N = 0,04908$  г-экв/л;  $T = 0,008341$  г/мл.  
 419. 0,1091 г-экв/л.  
 420.  $N = 0,1075$  г-экв/л;  $T = 0,02001$  г/мл.  
 421. 437,61 г.  
 422. 0,9958 г.  
 423. 1,4 г.  
 424. 10,46 мл.  
 425. 34,00 мл.  
 426. 60,53%.  
 427. 84,01%.  
 428. 0,32%.  
 429. 33,43%  $\text{CaCO}_3$ , 3,56%  $\text{MgCO}_3$ .  
 430. 73,42%.  
 431. 89,88%.  
 432. 90,93%.  
 434. 3,0%; 0,15%; 0,02%.  
 435. 0,12%.  
 436. 0,0032%.  
 437. 0,73%.  
 438.  $\approx 2,1 \cdot 10^{-3}$ .  
 439. 0,18%, 0,29%.  
 440. 0,77%.  
 441.  $1,63 \cdot 10^{-4}$  г; 0,013%.  
 442.  $3,12 \cdot 10^{-5}\%$ .  
 443.  $6,38 \cdot 10^{-9}$  г;  $0,89 \cdot 10^{-6}\%$ .  
 444. 9,2%.  
 445.  $\approx 6,6$  марта.  
 446.  $\pm 0,0003$  г;  $0,5647 \pm 0,0003$ .  
 447.  $\pm 0,0004$  г;  $0,8469 \pm 0,0004$ .  
 448.  $S = 0,078$ ,  $t_{\alpha,p} = 0,08$ .  
 449. 0,04.  
 450. 0,074%.  
 451. 3,36%.  
 452.  $4 \cdot 10^3$  мл, 5 мартагача ка-маяди.  
 453. 50 мл.  
 454. 10,15 мл, 1,47%.  
 455. 0,40%.  
 456. 1,21%.  
 457.  $\pm 0,044$  мл;  $12,23 \pm 0,044$ .

458. 0,041 н; 5,2%.  
459. 2,56% га.  
460. 4,4% га ошади.  
461. 40%.  
462. 76,00%.  
463.  $\pm 0,028$  мл;  $12,49 \pm 0,028$ .  
464. 0,45%.  
465. 0,46%.  
466. 0,0653 г  $\pm 0,0002$ .  
467.  $\pm 0,006$  мл;  $15,78 \pm 0,01$ ;  
 $+9,8 \cdot 10^{-4}$  г;  $0,1255 + 9,8 \cdot 10^{-4}$ .  
468.  $+0,02\%$ .  
469.  $-0,2\%$ .  
470.  $+0,2\%$ .  
471. 0,22%.  
472. 1,34%.  
473. 0,53%.  
474. 0,50%.  
475.  $-0,20\%$ .  
476. 0,20%.  
477. 58% фенолфталеин билан;  
0,20% метилоранж билан.  
478. 0,2060 г.  
479. Фенол қизил билан 10  
мартагача.  
480. 0,18 н;  $+3,2 \cdot 10^{-3}\%$ .

481. Метилоранж 10 мартагача.  
482. 37,60% карбонат, 14,20  
бикарбонат.  
483. 1,96%.  
484. 240 мартага ошади.  
485.  $+0,017\%$ ; 2,35 мартага.  
486.  $-0,39\%$ ;  $-13\%$ .  
487.  $-4,6 \cdot 10^{-4}\%$ .  
488. 11 марта.  
489.  $-4\%$ , 0,0726 г.  
490. 15%.  
491. Метил кўки билан 80  
мартагача.  
492.  $-93\%$ ;  $+8,3 \cdot 10^{-5}\%$ .  
493. 0,08%.  
494. 0,42%.  
495. 8,2%.  
496. 0,064%.  
497. 0,44%.  
498. 0,013%.  
499. 0,51%.  
500. 0,063%.  
501. 0,47%.  
502.  $7,2 \cdot 10^{-2}\%$ .  
503. 0,027%.  
504. 0,0928 н.

## АДАБИЁТЛАР

1. Алексеев В. А. Ярим микрометод билан қилинадиган химиявий сифат анализи курси. Тошкент, „Ўқитувчи“ нашриёти, 1976.
2. Алексеев В. А. Микдорий анализ. Тошкент, „Ўқитувчи“ нашриёти, 1963.
3. Васильев В. П., Калинин В. Е., Куракин Л. А., Милюков П. М., Прик Г. А. Сборник вопросов и задач по аналитической химии. М., изд-во „Высшая школа“, 1971.
4. Доерфель К. Статистика в аналитической химии. М., изд-во „Мир“, 1969.
5. Крешков А. П. Основы аналитической химии. М., изд-во „Химия“, т. 1-2, 1976.
6. Клячко Ю. А., Шапиро С. А. Курс химического качественного анализа. М., Госхимиздат, 1960.
7. Комарь Н. П. Сборник задач, упражнений и вопросов по курсу качественного анализа. Изд-во Харьковского Госуниверситета, 1952.
8. Ляликов Ю. С., Клячко Ю. А. Теоретические основы современного качественного анализа. М., изд-во „Химия“, 1978.
9. Мусакин А. П. Задачник по количественному анализу. Л., Ленинградское отделение, изд-во „Химия“, 1972.
10. Поляк Н. А., Булацкая Г. Н., Бабаевская Т. П. Сборник задач по количественному анализу. Минск, изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 1973.
11. Посипайко В. И., Васина Н. А. Аналитическая химия и технический анализ. М., изд-во „Высшая школа“, 1979.
12. Сборник вопросов и задач по аналитической химии (под редакцией проф. Васельева В. П.). М., изд-во „Высшая школа“, 1976.
13. Спиридонов В. П., Лопатин А. А. Математическая обработка физико-химических данных. М., изд-во МГУ, 1970.
14. Щиглов Б. М. Математическая обработка результатов наблюдения. М., изд-во „Наука“, 1969.
15. Янсон Э. Ю., Путинь Я. К. Теоретические основы аналитической химии. М., изд-во „Высшая школа“, 1980.

## МУНДАРИЖА

I қисм . . . . .	4
I боб. Гомоген системаларда мувозанат . . . . .	4
II боб. Сувдаги эритмаларда химиявий мувозанат . . . . .	14
III боб. Гетероген системаларда мувозанат . . . . .	33
IV боб. Тузларнинг гидролизи . . . . .	58
V боб. Комплекс бирикмалар . . . . .	72
VI боб. Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари . . . . .	77
II қисм . . . . .	101
VII боб. Гравиметрик (тортма) анализ усули . . . . .	101
VIII боб. Титриметрик (ҳажмий) анализ . . . . .	113
IX боб. Миқдорий анализ хатолари . . . . .	165
Илова . . . . .	183
Масалаларнинг жавоблари . . . . .	214
Адабиётлар . . . . .	220

*На узбекском языке*

Талипов Шукур Талипович  
Хусайнов Хайдар Шарафович

**ЗАДАЧНИК  
ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

*Учебное пособие для студентов  
высших учебных заведений*

Ташкент „Ўқитувчи“ 1984

Редактор *Р. С. Тоирова*  
Бадний редактор *И. Е. Митирёв*  
Техредактор *В. Е. Проходова*  
Корректор *М. Махмудхужаева*

ИБ № 2601

Теришга берилди 23.12.82 й. Босишга рухсат этилди 10.02.84 й. Формати 84×108<sup>1/2</sup><sub>мм</sub>.  
Тип. қоғози № 3. Литературная гарнитураси. Кегли 10, 8 шпониз. Юқори босма  
усулида босилди. Шартли б. л. 11,76. Шартли кр.-отт. 11,91. Нашр. л. 10,81.  
Зак № 775. Тиражи 3000. Баҳоси 55 т.

„Ўқитувчи“ нашриёти, Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома 8—98—82.

Ўзбекистон ССР нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат коми-  
тети Тошкент „Матбуот“ полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасига қарашли  
1- босмахона. Тошкент, Ҳамза кўчаси, 21. 1984 й.

полиграфия № 1 ТППО „Матбуот“ Государственного комитета УзССР по делам  
издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Хамзы, 21.

Т 64

Толипов Ш. Т., Хусайнов Х. Ш.

Аналитик химиядан масалалар тўплами: Олий ўқув юрт. студ. ўқув қўлл.— Т.: Ўқитувчи, 1984.— 224 б.

І. Автордош.

Толипов Ш. Т., Хусайнов Х. Ш. Задачник по аналитической химии: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений.

ББК 24.4я7  
543(02)

№ 80—84

Навойи номли ЎзССР

Давлат кутубхонаси.

Тираж 1200

Қарт. тиражи 2400

## Ҳурматли ўқувчилар!

«Ўқитувчи» нашриёти 1984 йилда сизларга ўзбек тилида қуйидаги дарслик ва ўқув қўлланмаларни тақдим этади:

Х. Р. Раҳимов — «Анорганик химия». Ушбу дарсликда «Анорганик химия» курсидан асосий назарий масалалар, шунингдек, муҳим химиявий элементларни олиш ва улардан фойдаланиш ҳақида тўла маълумот берилган.

М. Солихова ва Қ. Содиқов — «Одам анатомияси». Мазкур қўлланма педагогика институтлари сиртқи бўлимининг биология программаси асосида ёзилган бўлиб, унда одамнинг табиатда тутган ўрни, тарихи, анатомиянинг текшириш усуллари, ички органлар, қон айланиш ва лимфа системаси, мускуллар, ички органлар, сезги органлари, шунингдек, анатомик тасвирлар ҳамда физиология онтофилогенез ҳақида маълумотлар баён этилган.

Н. Мавлонов, ва Э. Мавлонов — «Қорамолчилик». Ушбу қўлланмада ҳозирги замон фан ютуқлари ва илғор тажрибалар, авторларнинг кўп йиллик илмий ва амалий ишлари натижалари, колхоз ва совхозларда қорамолчиликни қишлоқ хўжалигининг бошқа тармоқлари билан чамбарчас боғлиқ ҳолда ривожлантиришнинг назарий, шунингдек, амалий асослари Ўзбекистоннинг зонал шароити эътиборга олинган ҳолда баён этилган.

