

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

A.SH.GIYASOV, N.T.RAXMATULLAYEVA, L.S.RAXIMOVA

ANALITIK KIMYO VA FIZIK – KIMYOVIY TAHLIL

**O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan texnika oily o'quv yurtlari bakalavriat talabalari uchun
o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan**

TOSHKENT -2019

Giyasov A.Sh., Raxmatullayeva N.T., Raximova L.S. “Analitik kimyo va fizik – kimyoviy tahlil” masalalar to’plami. O’quv qo’llanma. - Toshkent: ToshDTU, 2019. 174 bet.

O’quv qo’llanma o’quv va ishchi dastur asosida yozilgan. Qo’llanmada keltirilgan namunaviy masalalar fanning asosiy b o’limlari b o’yicha sifat va miqdor tahlilning nazariyalari bilan tanishtiradi. Har xil kimyoviy hisoblash usullari amaliy va mustaqil ishni osonlashtiradi.

Har bir bobning boshida analitik kimyoning eng muhim tomonlari ko’rib chiqilgan, jarayonning eng muhim qonuniyatlarini e’tiborga olib, yo’naltiruvchi asosiy va qo’shimcha formulalari keltirilgan. Masalalar va ularning yechimi osondan qiyinga oshib borish tartibda joylashtirilgan. Umuman olganda qo’llanma analitik kimyoning asosiy materiallarini o’z ichiga qamrab olgan.

Ushbu qo’llanma Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitet ilmiy-uslubiy kengashida muhokama qilindi va nashrga tavsiya etildi.

Taqrizchilar:

3.A.Смаинова – Mirzo Ulug’bek nomidagi O’zbekiston milliy universiteti “Biokimyo” kafedrası professori, kimyo fanlari doktori;

U.Mirzayev – Toshkent davlat texnika universiteti “Umumiy kimyo” kafedrası dosenti, kimyo fanlari nomzodi.

Annotasiya

“Analitik kimyo va fizik – kimyoviy tahlil” fanidan namunaviy masalalar to‘plami (o‘quv qo‘llanma).

O‘quv qo‘llanma o‘quv va ishchi dastur asosida yozilgan. Qo‘llanmada keltirilgan namunaviy masalalar fanning asosiy b o‘limlari b o‘yicha sifat va miqdor tahlilning nazariyalari bilan tanishtiradi. Har xil kimyoviy hisoblash usullari amaliy va mustaqil ishni osonlashtiradi.

Har bir bobning boshida analitik kimyoning eng muhim tomonlari ko‘rib chiqilgan, jarayonning eng muhim qonuniyatlarini e‘tiborga olib, yo‘naltiruvchi asosiy va qo‘shimcha formulalari keltirilgan. Masalalar va ularning yechimi osondan qiyinga oshib borish tartibda joylashtirilgan. Umuman olganda qo‘llanma analitik kimyoning asosiy materiallarini o‘z ichiga qamrab olgan.

Аннотация

Сборник типовых задач по курсу «Аналитическая химия и физико-химический анализ» (учебное пособие).

Настоящее пособие написано на основе типовой и рабочей программе. В пособии даны различные типовые задачи для ознакомления по основным разделам теории качественного и количественного анализа. Различные способы химических вычислений облегчает практическую и самостоятельную работу.

В начале каждой главы кратко рассмотрены наиболее важные положения аналитической химии, приведены основы и производные формулы, даны общие методические рекомендации, направляющие внимание решающего на важнейшие закономерности данного процесса. Задачи и их решения располагаются в порядке возрастания трудности и наибольшего различия в методах решения.

Annotation

Collection of typical tasks for the course "Analytical chemistry and physico-chemical analysis" (tutorial).

This present allowance is written on the basis of the standard and work program. The manual provides various typical tasks for familiarization with the main sections of the theory of qualitative and quantitative analysis. Various methods of chemical calculations facilitates practical and independent work.

At the beginning of each chapter, the most important provisions of analytical chemistry are briefly reviewed, the foundations and derivatives of the formulas are given, general guidelines are given that direct the critical attention to the most important regularities of this process. Tasks and their solutions are arranged in order of increasing difficulty and the greatest difference in methodical solutions.

Soʻz boshi

Ushbu oʻquv qoʻllanma «Analitik kimyo va fizik kimyoviy tahlil» fani boʻyicha boʻlib, pedagogik institutlari kimyo va biologiya fakul'tetlarining talabalariga moʻljallangan. Shuningdek, shu fanni oʻrganuvchi boshqa oliygoh talabalari uchun ham foydali boʻlishi mumkin, chunki bu qoʻllanma sifat va miqdor tahlilning asosiy nazariya va amaliy boʻlimlarini namunaviy masalalar yechish usullari orqali tanishtiradi.

Analitik kimyo boʻyicha mavjud boʻlgan masalalar toʻplamidan farq qilib, bu qoʻllanmada kislota-asos, choʻktirish, kompleks hosil qilish, oksidlanish-qaytarilish titrlash egri chiziqlari boʻyicha masalalar keltirilgan. Shuningdek, tahlil natijalarini qayta ishlash boʻyicha matematik statistikaning zamonaviy usullaridan ham foydalanilgan.

Bu qoʻllanma 10 ta bobdan tashkil topgan boʻlib, har bir bobning boshlanishida analitik kimyoning maʼlum mavzulariga qisqacha taʼrif berilgan va shu mavzularni yoritib berish uchun namunaviy masalalar keltirilgan. Masalalarni yechish tartibi oddiydan murakkabga qarab tuzilgan.

Ushbu qoʻllanmadagi namunaviy masalalar N.Ya.Loginov, N.N.Ushakov, G.F.Zdeshneva, N.A.Polyak, U.F.Pikking, D.Skug, D.Uest va boshqa avtorlarning masala va mashq toʻplamlaridan olingan.

Avtorlar: Ushbu qoʻllanma boʻyicha hamma kamchilik va takliflarini minnatdorchilik bilan qabul qiladi.

I –bob. Tahlil natijalarini statistik qayta ishlashdagi xatoliklar va ularning usullari.

1.1. Tahlil natijalarini statistik qayta ishlashdagi xatoliklar va ularning klassifikasiyalanishi

Har qanday fizik o'lchashlar ayrim xatoliklarga yo'l qo'yadi. Bunday xatoliklarni mutlaq yo'qotib bo'lmaydi, lekin ma'lum darajada kamaytirish mumkin. O'lchashdagi xatoliklarni aniqlash juda murakkab, chunki ularning manbalari ko'p va xilma-xildir.

Kimyoviy tahlilda paydo bo'lgan xatoliklarning kelib chiqishiga qarab ikki guruxga bo'lish mumkin.

1) *Sistematik xatolik*-bu o'lchashning to'g'riligini xarakterlaydi va

2) *Tasodifiy xatolik*-olingan natijalarini aniqligini xarakterlaydi.

Sistematik xatoliklar quyidagi manbalardan kelib chiqadi:

a) Eksperimentatorning o'lchashidan kelib chiqqan individual xatolik: masalan, namunani noto'g'ri o'tkazish, cho'kmani yuvishda apparatning ko'rsatkichini noto'g'ri yozish, o'lchov asboblari uchun haroratni to'g'rilanmaganligi, rangni qiyinchilik bilan aniqlash va boshqalar kiradi.

b) o'lchov asboblarning xatoligi. Masalan, o'lchov idishlarining hajmlari kalibrlangan hajmlardan farq qilishi.

c) usullarning xatoliklari.

Tasodifiy xatolik-birinchi o'lchov natijalari ikkinchi o'lchov natijalariga to'g'ri kelmaslikdan kelib chiqadi. O'lchash sonlarini ko'paytirish bilan tasodif xatoliklarni kamaytirish mumkin.

Xatoliklar o'z navbatida yana ikkiga bo'linadi:

1) *absolyut xatolik*;

2) *nisbiy xatolik*.

Absolyut xatolik- haqiqiy qiymatdan tajribada topilgan o'rtacha qiymat ayirmasiga aytiladi va haqiqiy qiymat birligi bilan bir xil ifodalanadi.

Nisbiy xatolik- absolyut xatolik qiymatini haqiqiy qiymatga bo'lib 100 ga ko'paytiriladi va foizlarda ifodalanadi.

1.2. Analitik kimyo fanidan tahlildagi xatoliklar bo'yicha masala va mashqlar

1-masala

Bariy xlorid tuzidagi kristallitizatsion suvining haqiqiy foiz miqdori 14,75 % ga teng. Tahlilda 17,70 % topilgan. Tahlilning absolyut va nisbiy xatoligi hisoblansin.

Berilgan: $q_T^1 = 14,75\%H_2O$; $q_T^2 = 14,75\%H_2O$

Topish kerak: $D_T = ?$; $D_O = ?$

Yechish: Absolyut xatoni quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$D = q_T^1 - q_T^2 ;$$

$$D = 14,70 - 14,75 = -0,05\%$$

Nisbiy xato – bu absolyut xatoni suvning xaqiqiy miqdoriga bo'lib, 100% ga ko'paytiramiz, ya'ni

$$D_0 = \frac{D \cdot 100}{q_T^2} = \frac{-0,05 \cdot 100}{14,75} = 0,34\%$$

2-masala

CaCO₃ namunasidagi kal'siyning miqdorini topish uchun, uni HCl da eritdik va 500 ml gacha suv bilan suyultirdik. Shu eritmaning har 50 ml da 400 mg kal'siy bo'lgan 6 ta alikvot qismga bo'lib, tahlil qilinganda quyidagi natijalar olindi: 398, 396, 398, 392, 393, 401 (mg da). Olingan natijalar asosida quyidagi kattaliklar hisoblansin: a) o'rtacha qiymat; b) eng katta va eng kichik qiymatlar farqi; d) namunadagi kal'siyning miqdori absolyut va nisbiy chetga chiqish kattaligi; g) absolyut chetga chiqishi; e) kal'siy miqdorining alikvot qismdagi absolyut va nisbiy o'rtacha chetga chiqishi.

Berilgan:

$$V_0 = 500ml; V_1 = 50ml; n = 6; q_0 = 400mgCa; q_1 = 398; q_2 = 396; q_3 = 398;$$

$$q_4 = 392; q_5 = 393; q_6 = 401mgCa$$

Topish kerak: $\bar{q}, w, d_q, E_{q_i}, d_1, E_1, d^*, E^* = ?$

Yechish:

a) o'rtacha qiymatni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{n} = \frac{398 + 396 + 398 + 392 + 393 + 401}{6} \approx 396mgCa$$

b) eng katta va eng kichik qiymatlar farqi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$w = q_6 - q_4 = 401 - 392 = 9mgCa$$

c) namunadagi kal'siy miqdorining absolyut va nisbiy chetga chiqish kattaligi quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\bar{d} = \frac{\sum(q_i - \bar{q}_6)}{n}$$

$$Eq_i = \frac{\bar{d} \cdot 100}{q}$$

$$\bar{d} = \frac{2 + 0 + 2 + 4 + 3 + 5}{6} = 2, mgCa;$$

$$Eq_i = \frac{2,7 \cdot 100}{396} = 0,7\%$$

d) kal'siy miqdorining birinchi alikvot qismidagi absolyut chetga chiqish qiymati formula bo'yicha nisbiy chetga chiqish qiymati esa (b) punktdagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\bar{d} = 396 - 398 = -2mgCa; E_1 = \frac{-2 \cdot 100}{396} = -0,5\%$$

(d) kal'siy miqdorining alikvot qismdagi absolyut va nisbiy o'rtacha chetga chiqishi (g) punktdagiga o'xshash formulalar yordamida hisoblanadi:

$$d^* = \bar{q} - q_0;$$

$$E^* = \frac{d^* \cdot 100}{q_0};$$

$$d^* = 396 - 400 = -4mgCa;$$

$$E^* = \frac{-4 \cdot 100}{400} = -1\%$$

3-masala

Birlashgan spektrofotometrik aniqlashlar bo'yicha daryo suvi namunasidagi nitriluchsirka kislotasining (NUS) standart chetga chiqishi (S) hisoblansin.

Berilgan:

Namuna raqami	NUS, mkg/ml
1	13, 17, 14, 9
2	38, 37, 38
3	25, 29, 23, 29, 26

Topish kerak: $S = ?$

Yechish: S ni topish uchun avval namunadagi har bir qator natijalar bo'yicha NUS ning o'rtacha arifmetik qiymatini ($\bar{X}$) quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

So'ngra har bir qator bo'yicha spektrofotometrik aniqlashning o'rtacha qiymatidan chetga chiqishini $d = |X_i - \bar{X}|$ formula bo'yicha aniqlaymiz. Shundan so'ng d^2 va $\sum d^2$ qiymatlarni hisoblaymiz. Olingan natijalar tushunarli bo'lishi uchun quyidagi jadvalga kiritamiz:

1.1.-jadval

Qator raqami (mo'l)	Parallel o'lchash soni (n)	O'lchangan NUS ning miqdori mkg/ml	$\bar{X}$	d	d^2	$\sum d^2$
1	4	13, 17, 14, 9	13,25	0,25 3,75 0,75 4,25	0,0625 14,0625 0,5625 18,0625	32,75

2	3	38, 37, 38	37,67	0,33 0,67 0,33	0,1089 0,4489 0,1089	0,6667
3	5	25, 29, 23, 29, 26	26,4	1,4 2,6 3,4 2,6 0,4	1,96 6,76 11,56 6,76 0,16	27,2

NUS ni birlashgan spektrofotometrik aniqlash bo'yicha standart chetga chiqishini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$S = \sqrt{\frac{\sum d_2}{\sum n - m}} = \sqrt{\frac{32,75 + 0,6667 + 27,2}{12 - 3}} = \sqrt{6,735} = 2,595 \approx 2,6 \text{ mg/ml}$$

4-masala

Kerosin tarkibidagi oltingugurt aniqlanganda quyidagi natijalar olindi: 0,724; 0,693; 0,755% C. Ishonch imkoniyati 95% bo'lgan shu tahlil uchun ishonch chegarasi hisoblansin.

Berilgan:

$$m_1 = 0,724\%; m_2 = 0,693\%; m_3 = 0,755\%; \alpha = 95\%$$

$$n = 3; (t = 4,303) \text{ Student koefissiyenti}$$

Topish kerak: $\Delta = ?$

Yechish: Ishonch oralig'ini (chegarasini) quyidagi formula $\Delta = \bar{m} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$ bo'yicha hisoblash uchun avval iflos namunalik kerosin tarkibidagi oltingugurtning o'rtacha miqdori ($\bar{m}$) va standart chetga chiqishi (S)ni ushbu formulalar: $\bar{m} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{n}$ va

$S = \sqrt{\frac{\sum (m_i - \bar{m})^2}{n - 1}}$ yordamida aniqlaymiz. Tushuntirishda qulaylik bo'lishi uchun hamma matematik hisoblarni jadval ichiga kiritamiz.

1.2-jadval

№ Tahlil soni	$S, \%$	$\bar{m}, \%$ S (oltingugurt)	$ m_i - \bar{m} $	$ m_i - \bar{m} ^2$
1	0,724	-	0	0
2	0,693	0,724	0,031	0,000961
3	0,755	-	0,031	0,000961

$$\sum |m_i - \bar{m}|^2 = 0,001922$$

$$\Delta = 0,724 \pm \frac{4,303 \cdot 0,031}{\sqrt{3}} = 0,724 \pm \frac{0,1334}{1,7321} = 0,724 \pm 0,077$$

yoki

$$0,65 < 0,72 < 0,80$$

5-masala

Talaba bitta namuna titrlab, kal'siy miqdorini kompleksometrik aniqlaganda quyidagi qiymatlar (mg, Ca) olindi: 121,5; 122,0; 121,0. Kal'siyning namunadagi qiymati 124,0 mg ga teng. Olingan natija bo'yicha sistematik xatoga ega yoki ega emasligi aniqlansin.

Berilgan:

$$m_1 = 121,5 \text{ mg Ca}; m_2 = 122,0 \text{ mg Ca}; m_3 = 121,0 \text{ mg Ca}; m_0 = 124,0 \text{ mg Ca}; n = 3$$

($\alpha = 0,95$ da $t = 4,303$ ga teng)

Topish kerak: $\Pi_c = ?$

Yechish: Tahlil natijalarni baholash uchun o'rtacha arifmetik qiymatni ($\bar{X}$) quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\bar{X} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{121,5 + 122,0 + 121,0}{3} = 121,5 \text{ mg Ca}$$

O'rtacha arifmetik qiymatga nisbatan ($\bar{X}$) standart chetga chiqishini (S) quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Son qiymatlarni quyidagi jadvaldan foydalanib, tenglamani echamiz:

1.3-jadval

m_i	$m_i - \bar{X}$	$(m_i - \bar{X})^2$
121,5	0	0
122,0	0,5	0,25
121,0	-0,5	0,25

$$\sum (m_i - \bar{X})^2 = 0,5$$

$$S = \sqrt{\frac{0,5}{2}} = 0,5 \text{ mg Ca}$$

S - usulning tasodif xatosini xarakterlaydi

Tahlilning to'g'riligini baholash uchun o'rtacha qiymatning ishonch oralig'ini hisoblash kerak bo'ladi:

$$\Delta \bar{X} = \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}} = \frac{4,303 \cdot 0,5}{\sqrt{3}} = 1,24$$

O'rtacha qiymat uchun $(\bar{X})$ ishonch oralig'ini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$(\bar{X}) \pm \Delta \bar{X} = 121,5 \pm 1,24 \text{ mgCa}$$

Bundan shu narsa ko'rinib turibdiki, $121,5 + 1,24 \neq 124,0$ va $121,5 - 1,24 \neq 124,0$. Demak, bundan shuni xulosa qilish mumkinki, talaba sistematik xatoga yo'l qo'ygan.

II – bob. Analitik reaksiyalarning sezgirliги, tanlovchanligi, selektivligi.

Analitik reaksiyalarning sezgirliги

Sezgir analitik reaksiyalar bilan tekshirilayotgan namunadagi ayrim ionlarni aniqlashda ishonchli natijalar olish mumkin. Sezgirlik analitik reaksiyalarning eng muhim kattaliklardan biri hisobalanadi. Ilmiy-texnik jarayonlarni rivojlantirish uchun yuqori va o'ta yuqori bo'lgan toza materiallardan foydalaniladi. Bunday materiallarning tahlilda sezgir va yuqorisezgir analitik reaksiyalar qo'llaniladi.

Analitik reaksiyalarning sezgirliги bir-biri bilan bog'langan uchta kattalik bilan ifodalanadi: bu kattaliklar topilish minimumi (yoki chegaraviy topilishi) m , chegaraviy konsentrasiya (yoki minimal konsentrasiya) $C_{\min.}$, suyultirish chegarasi $V_{\text{suyul.}}$ va suyultirilgan eritmaning minimal hajmi $V_{\min.}$ lardan iboratdair.

Topilish minimumi deb, ma'lum sharoitda, ma'lum reaktiv bilan tekshirilayotgan eritmada modda (yoki ion)ning eng kichik miqdoriga aytiladi. Bu kattalik juda kichik bo'lib, mikrogrammlarda ifodalanadi: $1 \text{ mkg} = 10^{-6} \text{ g} = 10^{-3} \text{ mg}$: Masalan, Cu^{+2} ionining bir tomchisidan $K_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ reaktivi bilan topilish minimumi $0,02 \text{ mkg}$ ga teng. Topilish minimumining qiymati qancha kichik bo'lsa, reaksiya shuncha sezgir hisoblanadi va tez boradi.

Chegaraviy yoki minimal konsentrasiya deb, topilishi kerak bo'lgan ionning 1 g massasini erituvchida maksimal suyultirilgan xajmiga bo'lgan nisbatiga aytiladi va g/ml larda ifodalanadi. Masalan, mis ionining $K_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ bilan topishda minimal konsentrasiyasi $1:2\ 500\ 000$ ga teng. Bu kattalikdan shunday xulosa qilish mumkinki, tarkibida 1 g mis ion bo'lgan $2\ 500\ 000 \text{ ml}$ xajmdagi eritmaning 1 tomchisidan topish mumkinligini ko'rsatadi.

Suyultirish chegarasi deb, chegaraviy konsentrasiyaga teskari bo'lgan kattalikka aytiladi. Bu kattalik necha millilitr eritmada 1 gramm aniqlanuvchi ion borligini ko'rsatadi va ml/g larda ifodalanadi.

I.M. Korenman va A.P. Kreshkovlar sezgirlik kattaliklarining bir-biriga bogʻlangan formulalarini ishlab chiqqan va bu formulalar quyidagilardan iborat:

$$m = C_{\min} \cdot V_{\min} \cdot 10^6, \text{ mkg}$$

yoki

$$m = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{V_{\text{suyul}}}, \text{ mkg}$$

$$C_{\min} = 1 : \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{m} = \frac{m}{V_{\min} \cdot 10^6} = \frac{1}{V_{\text{suyul}}}, \text{ g / ml}$$

$$V_{\min} = \frac{m \cdot V_{\text{suyul}}}{10^6}, \text{ ml}$$

$$V_{\text{suyul}} = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{m}, \text{ ml}$$

Shunday qilib, topilish minimumi va minimal konsentrasiya qancha kichik boʻlsa va suyultirish chegarasi qancha katta boʻlsa, analitik reaksiyalarning sezgirliklari shuncha yuqori boʻladi.

2.1. Tanlovchon (yoki spesifik) analitik reaksiyalar

Tarkibi murakkab boʻlgan eritmalaridagi ionlarning bittasi yoki ikkitasi bilan reaksiyaga kirishuvchi reagent tanlovchan reagent deyiladi. Ionlarning tanlovchan reagentlar bilan boradigan reaksiyalarga tanlovchan reaksiyalar deyiladi. Agar tanlovchan reagent murakkab tarkibli eritmalaridagi faqat bitta ion bilan reaksiyaga kirishsa, bunday reaksiyalarni spesifik (yoki selektiv) reaksiyalar deyiladi. Masalan, temir(II) ionlari bilan $K_3[Fe(CN)_6]$ orasidagi yoki ammoniy kationi bilan ishqor orasidagi reaksiyalar tanlovchan reaksiyalar hisoblanadi. Reagent qancha kam ion bilan reaksiyaga kirishsa, shu reagent shuncha tanlovchan hisoblanadi. Kationlarning sulʼfidlar xossasiga asoslangan klassifikatsiyasiga asosan $(NH_4)_2CO_3$, $(NH_4)_2S$, H_2S va HCl reagentlar gurux reagentlari hisoblanadi.

Gurux reagentlari ayni guruxdagi kationlarning hammasi bilan birday reaksiyaga kirishib, yoppasiga choʻkmaga tushiradi. Aniqlanuvchi ionni tegishli reagent bilan ochishda tashqi ionlarning konsentratsiyalari taʼsir etadi. Aniqlanuvchi ion konsentratsiyasini tashqi ion konsentratsiyasiga nisbatiga chegaraviy nisbat (CHN) deyiladi:

$$CHN = \frac{C_{\text{anik.ion}}}{C_{\text{tashq.ion}}}$$

CHN- bu aniqlanuvchi ionga nisbatan tashqi ionning qancha miqdori xalaqit etmasligini koʻrsatadi.

2.2. Analitik reaksiylarning sezgirligi va tanlovchanligiga oid masalalar

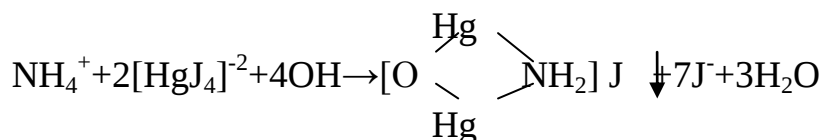
1-masala

Ammoniy kationining Nessler reaktivi bilan topilish minimumi 0,25 mkg, tekshirilayotgan eritmaning minimal hajmi 5 ml. Shu reaksiya uchun suyultirish chegarasi hisoblansin.

Berilgan: $m=0,25 \cdot 10^{-6}$ g, $V_{\min}=5$ ml.

Topish kerak: $V_{\text{suyul.}}=?$

Yechish: Ammoniy kationining Nessler reaktivi bilan analitik reaksiyasi quyidagicha boradi.



Suyultirish chegarasi ko'rsatilgan analitik reaksiylar uchun quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$V_{\text{suyul.}} = \frac{V_{\min.} \cdot 10^6}{m}, \text{ .mg / g}$$

Berilgan kattaliklarni formulaga qo'yib hisoblaymiz.

$$V_{\text{suyul.}} = \frac{5 \cdot 10^6}{0,25} = 20\,000\,000 = 2 \cdot 10^7 \text{ mg / l}$$

Demak, 1 g ammoniy kationining $2 \cdot 10^7$ ml yoki 20 000 l suvdagi eritmasi 0,028 molyarli eritmasiga teng bo'ladi.

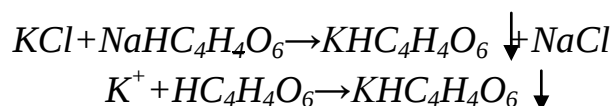
2-masala

Kaliy kationini vino kislotasining natriyli tuzi bilan analitik reaksiyasi uchun suyultirish chegarasi 1000 ml/g ga teng. KCl eritmasining normal konsentratsiyasi hisoblansin.

Berilgan: $V_{\text{suyul.}}=1000$ ml/g.

Topish kerak: $C_{\text{KCl.}}=?$

Yechish: Kaliy kationini vino kislotasining natriyli tuzi bilan analitik reaksiyasini yozamiz:



KCl eritmasining minimal konsentratsiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$C_{\text{KCl}} = \frac{1}{V_{\text{suyul}}} = \frac{1}{1000} \text{ g/ml}$$

Demak, 1 l eritmada 1 g K^+ ioni bor. KCl eritmasining normal konsentrasiyasini topish uchun proporsiya tuzamiz:

1 n KCl eritmasida 39 g—ion/l K^+ ioni bo'lsa,
X n KCl eritmada 1 g—ion/l K^+ ioni bo'ladi.

$$X = \frac{1 \cdot 1}{39} = 0,0255 \approx 0,026 \text{ n KCl}$$

3-masala

Qo'rg'oshin ionining (Pb^{+2}) ditizon bilan topilish minimumi 0,04 mkg ga teng. Suyultirish chegarasi 250 000 ml/g ga teng. Tekshirilayotgan eritmaning minimal xajmi hisoblansin.

Berilgan: $m=0,04 \text{ mkg}$, $V_{\text{suyul.}}=250 \text{ 000 ml/g}$.

Topish kerak: $V_{\text{min}}=?$

Yechish: Tekshirilayotgan eritmaning minimal hajmi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$V_{\text{min}} = \frac{m \cdot V_{\text{suyul.}}}{10^6}, \text{ ml}$$

Eritmaning topilish minimumi va suyultirish chegaralarini son qiymatlarini formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$V_{\text{min}} = \frac{0,04 \cdot 250000}{10^6} = 0,01 \text{ ml}$$

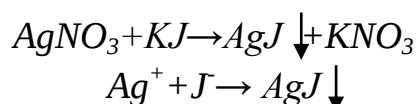
4-masala

Kumush ionini ochish uchun AgNO_3 tuzidan 1,57 g olib, 1 l li eritma tayyorlangan. Kumush ionini KJ bilan ochish uchun shu eritma 75 marta suyultirilgan. Kumush ioni shu eritmaning 0,01 ml hajmidan topilgan. Eritmaning chegaraviy konsentrasiyasi va topilish minimumi hisoblansin.

Berilgan: $q=1,57 \text{ g AgNO}_3$. $V=1000 \text{ ml}=1 \text{ l}$, $V_{\text{min.}}=0,01 \text{ ml}$, $n_{\text{suyul.}}=75 \text{ marta}$.

Topish kerak: $S_{\text{min.}}=?$ $m=?$

Yechish:



Eritmaning suyultirish chegarasi quyidagicha topiladi:

$$V_{\text{suyul.}} = 1000 \cdot 75 = 75 \text{ 000 ml}$$

Eritmadagi kumush ionining gramm miqdorini proporsiya yordamida hisoblaymiz:

169,87 g AgNO₃ da—107,87 g Ag⁺ ioni bor
 1,57 g AgNO₃ da—X g Ag⁺ ioni bo'ladi

$$X = \frac{1,57 \cdot 107,87}{169,87} = 1gAg^+ \text{ bor ekan.}$$

Eritmaning chegaraviy konsentrasiyasini quyidagi qormula yordamida hisoblaymiz.

$$C_{\min} = \frac{1}{V_{\text{suyul}}} = \frac{1}{75000}; g/ml$$

Eritmaning topilish minimumini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$m = C_{\min} \cdot V_{\min} \cdot 10^6;$$

$$m = \frac{1 \cdot 0,01 \cdot 10^6}{75000} = 0,13 \text{ mkg}$$

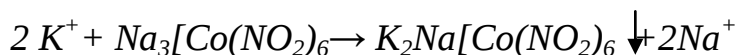
5-masala

K⁺ ionini Na₃[Co(NO₂)₆] bilan ochish uchun eritmadan 2 mg olingan. Agar K⁺ ionining shu reaksiya bilan topilish minimumi 4 mkg ga teng bo'lsa, K⁺ ionining eritmadagi foyiz konsentrasiyasini hisoblang.

Berilgan: g=2 mg , m=4 mkg=0,004 mg K⁺ ioni

Topish kerak: % K⁺=?

Yechish: K⁺ ionini Na₃[Co(NO₂)₆] bilan ochish reaksiyasini yozamiz:



Masalaning shartiga ko'ra, tekshiriladigan modddadan 2 mg olingan bo'lsa, u 100% foyizni tashkil etadi. Eritmadagi 4 mkg K⁺ ioni X% ni tashkil etadi. Proporsiya tuzamiz.

2 mg eritmadagi K⁺ ioni—100 % ga teng bo'lsa,
 4 mkg=0,004 mg K⁺ ioni—X % bo'ladi

$$X = \frac{0,004 \cdot 100}{2} = 0,2\% K^+$$

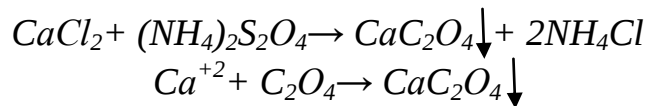
6-masala

0,001 m li CaCl₂ eritmasining 0,001 ml minimal hajmidan Ca⁺² ionini CaC₂O₄ ko'rinishida mikrokristalloskopik usul bilan ochish mumkin. Shu reaksiya uchun Ca⁺² ionining topilish minimumi va chegaraviy konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: V_{min.}=0,001 ml, C_{CaCl2.}=0,001m.

Topish kerak: C_{cheg.}=?m=?

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Reaksiya tenglamasini hisobga olib, 0,001 m li CaCl_2 eritmasidagi Ca^{+2} ionining gramm miqdorini proporsiya yordamida hisoblaymiz:

1 mol`l  $\text{CaCl}_2$  eritmada—40 g  $\text{Ca}^{+2}$  teng bo`lsa
0,001 mol`l  $\text{CaCl}_2$  eritmasida—X g  $\text{Ca}^{+2}$  bo`ladi

$$X = \frac{40 \cdot 0,001}{1} = 0,04g \quad \text{Ca}^{+2}$$

Shu reaksiyaning suyultirish chegarasini proporsiya yordamida hisoblaymiz:

1000 ml CaCl_2 eritmasida—0,04 g Ca^{+2} teng bo`lsa,
X ml CaCl_2 eritmasida—1 g Ca^{+2} bo`ladi

$$X = \frac{1000 \cdot 1}{0,04} = 25000ml$$

Demak, reaksiyaning suyultirish chegarasi $V_{\text{suyul}} = X = 25000$ ml ga teng bo`lsa,

minimal konsentrasiyasi $C_{\min} = \frac{1}{V_{\text{suyul}}} = \frac{1}{25000} g/ml$

Reaksiyaning topilish minimumini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz.

$$m = C_{\min} \cdot V_{\min} \cdot 10^6 = \frac{1 \cdot 0,001 \cdot 10^6}{25000} = 0,04 \quad \text{mkg Ca}^{+2}$$

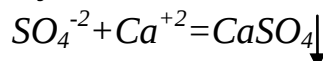
7-masala

Tekshirayotgan eritmada SO_4^{-2} anionini $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0,003 ml eritmasi bilan ochish mumkin. Shu reaksiya uchun tekshiralayotgan eritmaning suyultirish chegarasi 86000 ml/g. Topilish minimumi hisoblansin.

Berilgan: $V_{\min.} = 0,003$ ml, $V_{\text{suyul.}} = 86000$ ml/g.

Topish kerak: $m = ?$

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Reaksiyaning topilish minimumini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$m = \frac{V_{\min}}{V_{\text{suyul}}} = \frac{0,003 \cdot 10^6}{86000} = 0,035mkg$$

8-masala

Nikel ionining α -benzildioksim reaktivi bilan kobal`t ionini ishtirokida ochishda chegaraviy nisbatlari 1:10 ga teng. Suyultirish chegarasi 500 000 ml/g ga teng. Reaksiya

uchun tekshiriladigan eritmaning 0,01 ml hajmi etarlidir. Kobal't ionining normal konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: $CHN = Ni/Co^{+2} = 1:10$ ga teng.

$V_{min.} = 0,01 \text{ ml}$, $V_{suyul.} = 500\,000 \text{ ml/g}$.

Topish kerak: $C_{Co^{+2}} = ?$

Yechish: topilish minimumini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$m_{Ni} = \frac{V_{min} \cdot 10^6}{V_{suyul}} = \frac{0,01 \cdot 10^6}{500000} = 0,02 \text{ mkg}$$

Nikel ionining kobal't ioniga bo'lgan nisbatlarni bilgan holda tekshirilayotgan eritmaning 0,01 ml hajmidan kobal't ionining quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$m_{Co^{+2}} = \frac{m_{Ni^{+2}}}{ChN} = \frac{0,02 \cdot 10}{1} = 0,2 \text{ mkg}$$

Kobal't ionini 1 l eritmasidagi miqdorini topish uchun proporsiya tuzamiz:

0,01 ml—0,2 mkg

1000 ml— X mkg

$$X = \frac{1000 \cdot 0,20}{0,01} = 20000 \text{ mkg} = 0,02 \text{ gCo}^{+2}$$

Kobal't ioninig ekvivalent massasi 29,47 g/mol` ga teng. Kobal't ionining normal konsentrasiyasini hisoblash uchun proporsiya tuzamiz:

29,47 g-ion/l Co^{+2} —1000ml eritmasi — 1 n bo'lsa,

0,02 g-ion/l Co^{+2} 1000 ml— X n ga teng bo'ladi.

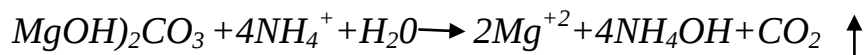
$$X = \frac{1 \cdot 0,20}{29,47} = 6,78 \cdot 10^{-4} \text{ n}$$

Demak, kobal't ionining normal konsentrasiyasi $6,78 \cdot 10^{-4} \text{ n}$ ga teng ekan.

9-masala

Tahlil qilinuvchi eritmaning tarkibi haqida qanday xulosa qila olasiz, agar shu eritma HCl, H_2S , $(NH_4)_2S$, $(NH_4)_2CO_3$ reagentlar bilan cho'kma hosil qilmasa.

Yechish. N.A. Menshutkina taklif qilgan kationlarning sul'fidlar xossasiga asoslangan klassifikatsiyasiga binoan ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi va beshinchi analitik gurux kationlarining gurux reagentlari ta'sirida cho'kmlarning hosil bo'lmashligi yuqorida qayd etilgan analitik gurux kationlarining eritmada yo'qligini ko'rsatadi. Eritmada faqat birinchi analitik gurux kationlaridan K^+ , Na^+ , NH_4^+ ionlari bo'lishi mumkin. Magniy kationiga kelsak, magniy $(NH_4)_2CO_3$, reagenti bilan suvda kam eruvchan $(MgOH)_2CO_3$ cho'kmasini hosil qiladi. Lekin, hosil bo'lgan $(MgOH)_2CO_3$ cho'kmasi NH_4^+ ionlari ishtirokida erib ketadi:



Shunday qilib, tekshirilayotgan eritmada K^+ , Na^+ va NH_4^+ ionlari bo'lishi mumkin.

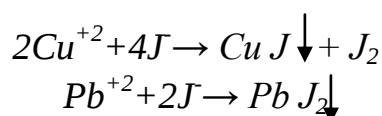
10-masala

Tarkibida $0,25 \text{ mol/l}$ $[Cu^{+2}]$ va $0,01 \text{ mol/l}$ $[Pb^{+2}]$ bo'lgan tekshirilayotgan eritmada qo'rg'oshin ionini KJ bilan mikrokristalloskopik reaksiya yordamida ochish mumkin. Ionlarning qanday chegaraviy nisbatlarda $[Cu^{+2}]$: $[Pb^{+2}]$ qo'rg'oshin ionini ochish mumkin?

Berilgan: $[Cu^{+2}] = 0,25 \text{ mol/l}$; $[Pb^{+2}] = 0,01 \text{ mol/l}$.

Topish kerak: CHN=?

Yechish: Cu^{+2} va Pb^{+2} ionlarining KJ bilan ochish reaksiyasini yozamiz:



Qo'rg'oshin ionini mis ioniga bo'lgan chegaraviy nisbatlarni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$CHN = \frac{[Pb^{+2}]}{[Cu^{+2}]}; \quad CHN = \frac{0,01 \text{ mol/l}}{0,25 \text{ mol/l}} \approx 1:25$$

Demak, mis ionining yuqori konsentrsiyalarida, qo'rg'oshin ionini aralashmadan ochish mumkin emas.

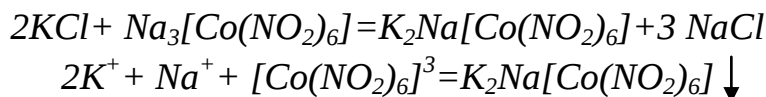
11-masala

Kaliy kationi $Na_3[Co(NO_2)_6]$ reaktivi bilan reaksiyaning suyultirish chegarasi 50000 ml/g ga teng. KCl eritmasining molyar konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: $V_{\text{suyul.}} = 50\,000 \text{ ml/g}$.

Topish kerak: $M_{KCl} = ?$

Yechish: Reaksiya tenglamalarini yozamiz.



Eritmadagi K^+ ning minimal (chegaraviy) konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$C_{\min} = \frac{1}{V_{\text{suyul}}} = \frac{1}{50000} \text{ g/ml}$$

KCl eritmasining molyar konsentrasiyasini hisoblash uchun proporsiya tuzamiz:

1 gKCl—50000 ml eritmada bo'lsa
 XKCl—1000 ml eritmada bo'ladi

$$X = \frac{1 \cdot 1000}{50000} = 0,02g - ion \quad K^+ \text{ ioni bor.}$$

Demak, 0,02 g-ion K^+ —1000 ml eritmada X mol/l
 39 g-ion K^+ —1000 ml eritmada 1 mol/l bo'ladi

$$X = \frac{1 \cdot 0,02}{39} = 0,0005$$

mol/l K^+ ya'ni KCl eritmasining molyar konsentratsiyasi 0,0005 m ga teng.

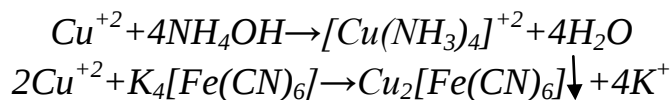
1-masala

Cu^{+2} ionining ammiak bilan topilish minimumi 0,2 mkg ga teng, $K_4[Fe(CN)_6]$ reaktivi bilan suyultirish chegarasi 2 500 000 ml/g ga teng. Tekshirilayotgan $K_4[Fe(CN)_6]$ eritmaning ikkala reaksiya uchun minimal hajmi 0,05 ml ga teng. Mis ioni uchun qaysi reaktivning sezgirligi yuqori?

Berilgan: $m_1=0,2$ mkg; $V_{min.}=0,05$ ml, $V_{suyul.}=2\,500\,000$ ml/g.

Topish kerak: $m_2=?$

Yechish: Minimal hajmi bir xil bo'lgan qaysi reaksiyaning topilish minimumi kichik bo'lsa, Shu reaktivning sezgirligi mis ioni uchun eng yuqori bo'ladi. Reaksiya tenglamalarini yozamiz:



Mis ionining $K_4[Fe(CN)_6]$ reaktivi bilan reaksiyasining topilish minimumini quyidagi formula bilan hisoblaymiz:

$$m_2 = \frac{V_{min} \cdot 10^6}{V_{suyul}} = \frac{0,05 \cdot 10^6}{2500000} = 0,02mkg$$

Demak, $m_2 < m_1$ dan 10 marta kichik bo'lgani uchun Cu^{+2} ning $K_4[Fe(CN)_6]$ reaktivi bilan reaksiyasining sezgirligi ammiakka nisbatan 10 marta sezgir ekan.

III - bob. Massalar ta'siri qonuni.

3.1. Qaytar reaksiyalar va massalar ta'siri qonuni

Analitik reaksiyalarning ko'pchiligi qaytar reaksiyalardir, ya'ni bir vaqtda bir-biriga qarama-qarshi ikki yo'nalishda boradigan reaksiyalardir.

Masalan:



Bu yerda $\rightleftharpoons$ bu ishoralar to'g'ri ($\rightarrow$) va teskari ($\leftarrow$) reaksiyalarning yo'nalishini ifodalaydi.

Bizga umumiy kimyo kursidan ma'lumki, eritmada reaksiya uchun olingan va reaksiya natijada hosil bo'lgan hamma moddalar mavjud bo'lganda qaytar reaksiyalar kimyoviy muvozanatga uchraydi. Kimyoviy muvozanatning kelishiga sabab, to'g'ri va teskari reaksiya tezliklarining bir-biriga tenglashib qolishidir.

Massalar ta'siri qonuni - bu sifat tahlilning nazariy asoslaridan biri hisoblanadi. Bu qonun cho'kmalarning hosil bo'lishi va erishini, bir qiyin eruvchan birikmadan boshqa birikmaga aylanishi, gidroliz jarayoni, amfoterlik va boshqa kimyoviy jarayonlarning muvozanatlari to'g'risida ilmiy asoslab beradi. Bu jarayon o'zgarmas haroratda, qaytar kimyoviy reaksiyalarda hosil bo'lgan modda konsentrasiyalari ko'paytmalarini boshlang'ich modda konsentrasiyalari ko'paytmalariga nisbatlarini ifodalaydi. Massalar ta'siri qonuniga binoan qaytar kimyoviy reaksiya tezliklari vaqt birligi ichida reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentrasiyalarining o'zgarishiga bog'liqdir. Qaytar kimyoviy reaksiyalarni umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:



Yuqorida ko'rsatilgan qaytar to'g'ri reaksiyaning tezligi quyidagi tenglamaga teng:

$$v_1 = K_1[A]^a \cdot [B]^b$$

Teskari reaksiyaning tezligi quyidagiga teng:

$$v_2 = K_2[C]^c \cdot [D]^d$$

To'g'ri va teskari reaksiya tezliklarining o'zaro tenglashgan holati kimyoviy muvozanat deyiladi:

$$v_1 = v_2$$

$$K_1[A]^a \cdot [B]^b = K_2[C]^c \cdot [D]^d$$

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} = K. \quad (1)$$

Tenglama 1 massalar ta'siri qonunining matematik ifodasini ko'rsatadi. K kattalik kimyoviy muvozanat konstantasi deyiladi. Bu kattalik o'zgarmas haroratda reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalar konsentrasiyalari ko'paytmasining reaksiya uchun olingan moddalarning boshlang'ich konsentrasiyalari ko'paytmasiga bo'lgan nisbatlari o'zgarmas qiymatga egaligini ko'rsatadi. K kattalikning son qiymatiga qarab, reaksiyaning yo'nalishini aniqlash mumkin. Agar $K=1$ teng bo'lsa, reaksiya amaliy jihatdan qaytar hisoblanadi, agar $K<1$ bo'lsa, reaksiya teskari tomonga yo'nalishini ko'rsatadi, agar $K>1$ bo'lsa, to'g'ri reaksiyaning katta tezlik bilan borishini ko'rsatadi.

Massalar ta'siri qonunini noelektrolit va kuchsiz elektrolitlarning suyultirilgan eritmalariga qo'llash mumkin. Agar kuchli elektrolitlarga qo'llangan holatlarda moddalarning muvozanat konsentrasiyalari o'rniga ularning aktivliklari olinadi va muvozanat konstantasining termodinamik ifodasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$K = \frac{a_D^d \cdot a_C^c}{a_A^a \cdot a_B^b} = \frac{C_D^d \cdot f_D^d \cdot C_C^c \cdot f_C^c}{C_A^a \cdot f_A^a \cdot C_B^b \cdot f_B^b}$$

Massalar ta'siri qonunidan foydalanib, kimyoviy muvozanatni u yoki bu tomonga siljitish mumkin. Kimyoviy muvozanat konstanta qiymatini va moddalarning boshlang'ich konsentrasiyalarini bilgan holda turli xil masalalarning miqdoriy hisoblarini Yechish mumkin.

3.2. Massalar ta'siri qonuniga oid namunaviy masalalar

1-masala

Ushbu reaksiyaning $CuJ \downarrow + J^- \rightleftharpoons CuJ_2^-$ muvozanat konstantasi $8 \cdot 10^{-4}$ ga teng. Konsentrasiyasi 0,01 molga teng bo'lgan KJ ishtirokida $[CuJ_2^-]$ ning to'yingan eritmasidagi muvozanat konsentrasiyasi hisoblansin.

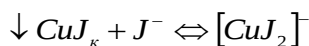
Berilgan:

$$K_{muv} = 8 \cdot 10^{-4};$$

$$C_{KJ} = 0,01m = 1,0 \cdot 10^{-2}m$$

Topish kerak: $[CuJ_2^-] = ?$

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



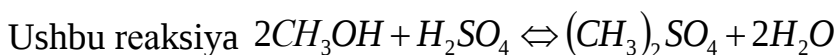
Reaksiya tenglamasining muvozanat konstantasi quyidagiga teng:

$$K_{muv} = \frac{[CuJ_2^-]}{[J^-]}; KJ \rightleftharpoons K^+ + J^-$$

KJ ning dissosiasiya tenglamasidan shuni ko'rish mumkinki, $[K^+] = [J^-] = [CuJ_2^-]$; ya'ni $[J^-] = 0,01 \text{ mol/l}$. Ushbu formula yordamida $[CuJ_2^-]$ ning konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$[CuJ_2^-] = K_{muv} \cdot [J^-] = 8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

2-masala



dagi metil spirtining konsentrasiyasi 2 mol/l ga, sul'fat kislotasining konsentrasiyasi 1 mol/l ga teng. Muvozanatdagi dimetilsul'fatning foiz konsentrasiyasi

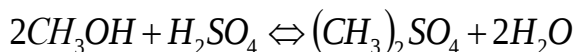
metil spirtining boshlang'ich konsentrasiyasini 30% iga teng. Reaksiyaning muvozanat konstantasi aniqlansin.

Berilgan:

$C_{CH_3OH} = 2 \text{ mol/l}; C_{H_2SO_4} = 1 \text{ mol/l}; [(CH_3)_2SO_4] = 30\%; C_{CH_3OH}$ ga nisbatan

Topish kerak: $K = ?$

Yechish: Masalaning shartidan kelib chiqib, ushbu reaksiya



ning muvozanat konstantasi tenglamasini yozamiz:

$$K = \frac{[(CH_3)_2SO_4] \cdot [H_2O]^2}{[CH_3OH]^2 \cdot [H_2SO_4]}$$

Masalaning shartidan kelib chiqib, reaksiya tenglamasidan dimetilsul'fatning muvozanat konsentrasiyasini proporsiya tuzib aniqlaymiz:

$$2C_{CH_3OH} \text{ --- } 100\%$$

$$X_{[(CH_3)_2SO_4]} \text{ --- } 30\%$$

$$X_{[(CH_3)_2SO_4]} = \frac{2 \cdot 30}{100} = 0,6 \text{ mol/l}$$

Metil spirti, sul'fat kislota va suvning muvozanat konsentrasiyalari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$[CH_3OH] = C_{CH_3OH} - 2[(CH_3)_2SO_4] = 2 - 1,2 = 0,8 \text{ mol/l}$$

$$[H_2SO_4] = C_{H_2SO_4} - [(CH_3)_2SO_4] = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ mol/l}$$

$$[H_2O] = 2[(CH_3)_2SO_4] = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ mol/l}$$

Topilgan qiymatlarni muvozanat konstanta tenglamasiga qo'yib hisoblaymiz:

$$K = \frac{0,6 \cdot (1,2)^2}{(0,8)^2 \cdot 0,4} = \frac{0,864}{0,256} = 3,375$$

3-masala

Agar $FeCl_3$ ning konsentrasiyasini 0,1 dan 0,3 mol/l gacha, KCl ning konsentrasiyasini 0,4 dan 1,2 mol/l gacha oshirsak, ushbu reaksiya



ning muvozanati qaysi tomonga siljiydi.

Berilgan: $C_1 = 0,1 \text{ mol/l } FeCl_3; C_2 = 0,3 \text{ mol/l } FeCl_3; C_3 = 0,4 \text{ mol/l } KCl; C_4 = 1,2 \text{ mol/l } KCl$.

Topish kerak: muvozanat qaysi tomonga siljiydi?

Yechish: $FeCl_3$ ning konsentrasiyasi 1 l eritmada qanchaga oshganligini aniqlaymiz:

$$C_2 - C_1 = \Delta C_{FeCl_3} = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ mol/l}$$

KCl ning konsentrasiyasi 1 l eritmada qanchaga oshganligini aniqlaymiz.

$$C_4 - C_3 = C_{KCl} = 1,2 - 0,4 = 0,8 \text{ mol/l KCl}$$

Reaksiya tenglamasiga asosan 1 l eritmada 1 mol/l $FeCl_3$ bilan 3 mol/l KCNS reaksiyaga kirishib, 3 mol/l KCl hosil bo'lsa, 1 l eritmada 0,2 mol/l $FeCl_3$ dan $3 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ mol/l KCl}$ hosil bo'ladi. Masalaning shartiga ko'ra, KCl ning 1 l eritmadagi

$$\Delta C_{KCl} = 0,8 \text{ mol/l}$$

konsentrasiyasi ga teng. Reaksiya tenglamasiga binoan, KCl ning konsentrasiyasi 0,6 mol/l ga teng. Muvozanatni siljitish qoidasi (Le-Shatel'e)ga binoan KCl ning konsentrasiyasi (C_{KCl}) 0,6 mol/l gacha kamayguncha muvozanat teskari tomonga siljiydi.

4-masala

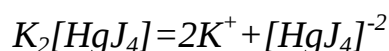
Agar 0,1 m $K_2[HgJ_4]$ eritmasining beqarorlik konstantasi $5 \cdot 10^{-31}$ ga teng bo'lsa, $[Hg^{+2}]$, $[J^+]$ va $[K^+]$ ionlarining muvozanat konsentrasiyalari hisoblansin.

Berilgan: $C = 0,1 \text{ m } K_2[HgJ_4]$; $K_{beqar} = 5 \cdot 10^{-31} K_2[HgJ_4]$.

Topish kerak: $[Hg^{+2}] = ?$ $[J^+] = ?$ $[K^+] = ?$

Yechish: $K_2[HgJ_4]$ ning bosqichli dissosiasiya tenglamalarini yozamiz:

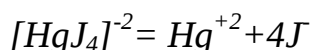
Birinchi bosqich:



Bu bosqichda kompleks kuchli elektrolit kabi dissosialanadi.

Masalaning shartiga binoan bu bosqichda $[HgJ_4]^{-2}$ ning konsentrasiyasi 0,1 mol/l ga teng bo'lsa, $[K^+]$ ning konsentrasiyasi $[HgJ_4]^{-2}$ ning konsentrasiyasidan 2 marta katta bo'ladi, ya'ni $[K^+] = 0,2 \text{ mol/l}$ ga teng bo'ladi.

Ikkinchi bosqich



Bu bosqichda $[HgJ_4]^{-2}$ kompleks ionni kuchsiz elektrolit kabi dissosialangani uchun massalar ta'siri qonuniga binoan kompleks ionning beqarorlik konstantasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$K_{beqaror} = \frac{[Hg^{+2}] \cdot [J^-]^4}{[HgJ_4]^{-2}}$$

Agar $[Hg^{+2}]$ ning konsentrasiyasini X deb olsak, u holda $[J^-] = 4x$ ga teng bo'ladi. Ionlarning son qiymatlarini kompleks ion $[HgJ_4]^{-2}$ ning beqarorlik konstanta tenglamasiga qo'yib hisoblaymiz:

$$5 \cdot 10^{-31} = \frac{x(4x)^4}{0,1}; \quad 5 \cdot 10^{-31} = \frac{256x^5}{0,1}; \quad X = \sqrt[5]{\frac{5 \cdot 10^{-12}}{256}} \approx 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

$$[J^-] = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 4 = 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l } [J^-]$$

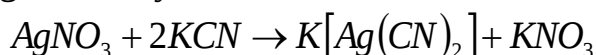
5-masala

0,4 m li kumush nitratning 20 ml eritmasiga 0,5 m li kaliy sianid eritmasidan 40 ml qo'shilgan. Agar aralashmadagi kumush sianid ionining beqarorlik konstantasi $1 \cdot 10^{-21}$ ga teng bo'lsa, kumush ionining muvozanat konsentratsiyasi hisoblansin.

Berilgan: $V_1=20 \text{ ml } AgNO_3$; $C_1=0,4 \text{ mol/l}$; $V_2=40 \text{ ml KCN}$; $C_2=0,5 \text{ mol/l KCN}$;
 $K_{[Ag(CN)_2]^-}=1 \cdot 10^{-21}$

Topish kerak: $[Ag^+]=?$

Yechish: reaksiya tenglamasini yozamiz:



Eritmalar qo'shilgandan so'ng, aralashmaning umumiy hajmini hisoblaymiz.

$$V_{um}=V_1+V_2=20+40=60 \text{ ml}$$

Aralashmadagi $[AgNO_3]$ ning konsentratsiyasi quyidagi nisbatlar orqali topiladi:

$$\frac{C_1}{C_{um}} = \frac{V_{um}}{V_1}; \quad \frac{0,4}{C_{um}} : \frac{60}{20};$$

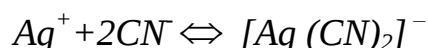
$$C_{um} = \frac{0,4 \cdot 20}{60} = 0,13 \text{ mol/l}$$

Shuningdek, $[KCN]$ ning aralashmadagi konsentratsiya quyidagi nisbatlar orqali topiladi:

$$\frac{C_2}{C_{um}} = \frac{V_{um}}{V_2}; \quad \frac{0,5}{C_{um}} : \frac{60}{40};$$

$$C_{um} = \frac{0,5 \cdot 40}{60} = 0,33 \text{ mol/l}$$

KCN ning miqdori $AgNO_3$ ning miqdoriga nisbatan ortiqcha olingani uchun kumush sianidning kompleks ion hosil bo'ladi:



$[Ag(CN)_2]^-$ kompleks ionning beqarorlik konstantasi quyidagi tenglama orqali topiladi:

$$K_{[Ag(CN)_2]^-} = \frac{[Ag^+] \cdot [CN^-]^2}{[Ag(CN)_2]^-}$$

$[Ag^+]$ ning muvozanat konsentratsiyasini x bilan belgilasak, $[Ag(CN)_2]^-$ kompleks ionning dissosiasiya tenglamasiga binoan $[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^-$
 $[CN^-] = C_{CN} - 2(C_{Ag^+} - X) = 0,33 - 2 \cdot 0,13 = 0,07 \text{ mol/l}$

$$[Ag(CN)_2]^- = C_{Ag^+} - X = 0,13 \text{ mol/l}$$

$$C_{CN^-} = C_{KCN}; \quad C_{Ag^+} = C_{AgNO_3}; \quad X \leq C_{Ag^+}$$

Topilgan qiymatlarni beqarorlik konstanta tenglamasiga qo'yib, X ni hisoblaymiz:

$$\frac{X \cdot (0,07)^2}{0,13} = 1 \cdot 10^{-21}; \quad 0,0049X = 1,3 \cdot 10^{-22}$$

$$X = \frac{1,3 \cdot 10^{-22}}{4,9 \cdot 10^{-3}} = 2,65 \cdot 10^{-20} \text{ mol/l}$$

$$\text{demak, } [Ag^+] = X = 2,65 \cdot 10^{-20} \text{ mol/l}$$

6-masala

Qaytar reaksiya tenglamasini $A + B \rightleftharpoons C + D$ deb belgilab, muvozanat konstantasini 1 ga teng, A moddaning boshlang'ich konsentrasiyasini 2 mol/l ga teng deb olsak, V moddaning boshlang'ich konsentrasiyalari 2, 10 va 20 mol/l ga teng deb olsak, A moddaning necha foizi reaksiyaga kirishgan?

Berilgan: $K=1$; $C_A=2 \text{ mol/l}$; $C_V^1=2 \text{ mol/l}$; $C_V^2=10 \text{ mol/l}$; $C_V^3=20 \text{ mol/l}$

Topish kerak: [A] ning necha foizi reaksiyaga kirishgan?

Yechish: reaksiya tenglamasi va muvozanat konstanta tenglamalarini yozamiz:



$$K = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

1-holat uchun moddalarning muvozanat konsentrasiyalarini belgilab olamiz:

$$[C]=[D]=X \text{ deb olsak, u holda } [A]=2-X; [B]=2-X;$$

Belgilab olingan son qiymatlarni muvozanat konstanta tenglamasiga qo'yamiz:

$$1) \quad 1 = \frac{X^2}{(2-x)^2}; \quad (2-X)^2 = X^2$$

$$X^2 = 4 - 4X + X^2; \quad 4X = 4; X = 1 \text{ mol/l}$$

Masalaning shartiga binoan, reaksiya tenglamasidan ko'rinib turibdiki, reaksiyaga kirishuvchi moddalar o'zaro tengdirlar, ya'ni $[C]=[D]=[A]=[B]=1 \text{ mol/l}$. Demak, A moddaning 1 mol/l reaksiyaga kirishgan bo'lsa, uni foizlarda ifodalash uchun proporsiya tuzamiz:

A moddaning boshlang'ich konsentrasiyasi 2 mol/l — 100% bo'lsa

A moddaning reaksiyaga kirishgan konsentrasiyasi 1 mol/l — X %

$$X = \frac{1 \cdot 100}{2} = 50\% [A]$$

2-holat uchun

$$1 = \frac{X^2}{(2-X)(10-X)}; \quad 20 - 12X + X^2 = X^2$$

$$12X = 20; X = \frac{20}{12} = 1,67 \text{ mol/l}$$

$$[C] = [D] = [A] = [B] = 1,67 \text{ mol/l}$$

$$[A] = \frac{1,67 \cdot 100}{2} = 83,5\%$$

3-holat uchun

$$1 = \frac{X^2}{(2-X)(20-X)}; \quad 40 - 22X + X^2 = X^2$$

$$22X = 40; X = \frac{40}{22} = 1,82 \text{ mol/l}$$

$$[C] = [D] = [A] = [B] = 1,82 \text{ mol/l}$$

$$[A] = \frac{1,82 \cdot 100}{2} = 91\%$$

7-masala

Ushbu reaksiyada $A + B \rightleftharpoons D + E$ A va V moddalarning boshlang'ich konsentrasiyalari 0,5 va 0,3 mol/l ga teng. Agar Shu reaksiyaning muvozanat konstantasi 1,2 ga teng bo'lsa, A moddaning necha foizi reaksiyaga kirishmay qolgan?

Berilgan: $K=1,2$; $C_A=0,5 \text{ mol/l}$; $C_V=0,3 \text{ mol/l}$

Topish kerak: % A qoldiq=?

Yechish: Ushbu reaksiya $A + B \rightleftharpoons D + E$ dan ko'rinib turibdiki, D va E moddalarning muvozanat konsentrasiyalari [D] va [E] ga teng. Agar ularni X bilan belgilasak, $[D] = [E] = X$, u holda A va V moddalarning muvozanat konsentrasiyalari $[A] = C_A - X$; $[V] = C_V - X$ ga teng bo'ladi. Muvozanat konstanta tenglamasini umumiy

ko'rinishda yozamiz: $K = \frac{[D] \cdot [E]}{[A] \cdot [B]}$

$$K = \frac{X^2}{(C_A - X) \cdot (C_B - X)};$$

$$X^2 - 4,8X + 0,9 = 0$$

$$X = \frac{4,8 \pm \sqrt{(4,8)^2 - 4 \cdot 0,9}}{2} = \frac{4,8 \pm \sqrt{19,44}}{2} = \frac{4,8 \pm 4,4}{2}$$

$$\text{Bu yerda, } X_1 = 0,2 \text{ mol/l}; \quad X_2 = \frac{9,2}{2} = 4,6 \text{ mol/l}$$

Bu yerda, $X_2 > C_A$ bo'lgani uchun masala shartiga bo'ysinmaydi. Keyinga xishlashlarni $X_1 (0,2 \text{ mol/l bo'yicha})$ olib boramiz. A moddaning reaksiyaga kirishmay qolgan qismini aniqlaymiz. $[A] = C_A - X = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ mol/l}$. A moddaning reaksiyaga kirishmay qolgan qismini foizlarda hisoblash uchun proporsiya tuzamiz:

$$0,5 \text{ mol/l} \text{ — } 100\%$$

$$0,3 \text{ — } X\%$$

IV - bob. Elektrolitik dissosiasiya nazariyasi.

4.1. Aktivlik, aktivlik koeffisienti, muvozanat konstantasi

Elektrolitik dissosiasiya nazariyasi analitik kimyoda katta ahamiyatga egadir. Tahlilda ko'pincha noorganik moddalar (tuz, kislota yoki asoslar)ning suvli eritmalarini ishlatiladi va ularni elektrolitlar deb ataladi. Moddalar suvda eritilganda kation va anionlarga parchalanadi. Agar moddalar kation va anionlarga to'liq parchalangan bo'lsa, bunday eritmalar kuchli elektrolitlar deb ataladi. Agar moddalar eritilganda ionlar to'liq parchalanmagan bo'lsa, kuchsiz elektrolitlar deb ataladi. Dissosiasiya jarayoni qaytar jarayon bo'lgani uchun ular muvozanat konstanta (yoki ionlanish konstantasi) qiymatiga egadirlar. Muvozanat konstanta qiymatini aniqlashning ikki xil usuli mavjud bo'lib, birinchisi aniq (termodinamik) usul bo'lib, muvozanat konstanta qiymati ionlarning aktivligi orqali belgilanadi va termodinamik dissosiasiya konstantasi deb ataladi:

$$\text{Masalan, } a_{\text{CH}_3\text{COOH}} = a_{\text{H}^+} + a_{\text{CH}_3\text{COO}^-}, \quad K_{\text{CH}_3\text{COOH} (a)} = \frac{a_{\text{H}^+} + a_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}{a_{\text{CH}_3\text{COOH}}}$$

Bu yerda, a - ionga parchalanmagan molekulaning ion aktivligi.

Ion aktivlik quyidagi formula yordamida aniqlanadi: $a = f \cdot C$

Bu yerda, f - berilgan ionning aktivlik koeffisienti, bu eritmada hamma ionlarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan koeffisientdir.

Aktivlik koeffisienti P. Debye va E. Gyukkel` qonuniga asosan suyultirilgan eritmalar uchun quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

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

Konsentrlangan eritmalar uchun:

$$-\lg f = 0,5Z^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}}$$

Bu yerda, μ - eritmaning ion kuchi.

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

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$$

Z - ion zaryadi; C_i - eritmada ionlarning molyar konsentratsiyasi.

Muvozanat konstanta qiymatini aniqlashning ikkinchi usulida ionlarning muvozanat konsentratsiyalari olinadi. Masalan,



$$K_{dist} = \frac{[K^+][An^-]}{[KAn]}$$

Bu yerda, $[KAn]$ -dissosialanmagan molekulaning konsentrasiyasi; $[K^+]$, $[An^-]$ -kation va anionlar muvozat konsentrasiyalari.

4.2. Aktivlik, aktivlik koeffisienti va muvozanat konstantasiga oid namunaviy masalalar

1-masala

CH_3COOH ning qanday konsentrasiyasi 30 % ga parchalanadi?

Berilgan: $\alpha = 30\% = 0,30$

Topish kerak: $C_{CH_3COOH} = ?$

Yechish: CH_3COOH ning dissosiasiya konstantasini 6-jadvaldan foydalanib topamiz.

$$K_{CH_3COOH} = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ ga teng.}$$

Ostval`dning suyultirish qonuniga asosan kuchsiz elektrolitning ionlanish darajasi bilan ionlarning konsentrasiyasi orasidagi bog`liqlikni ifodalaydi va quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

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

$$C = \frac{1,75 \cdot 10^{-5} - 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,3}{(0,3)^2} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

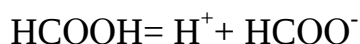
2-masala

$HCOOH$ ning konsentrasiyalari 1) 0,03m; 2) 5% va 3) 4,60 g/l bo`lgan eritmalaridagi $HCOO^-$ va H^+ ionlarining muvozanat konsentrasiyalari hamda pH i hisoblansin.

Berilgan: $C_1 = 0,03 \text{ m } HCOOH$; $C_2 = 5,00\% HCOOH$; $C_3 = 4,60 \text{ g/l } HCOOH$

Topish kerak: $[HCOO^-] = ?$ $[H^+] = ?$ $pH = ?$

Yechish: Birinchi variant:



Reaksiyaning ionlanish konstantasi quyidagiga teng:

$$K_{HCOOH} = \frac{[H^+] \cdot [HCOO^-]}{[HCOOH]}$$

Dissosiasiya konstantasini son qiymatini 6-jadvaldan topamiz: $K_{HCOOH} = 1,8 \cdot 10^{-4}$

Reaksiya tenglamasidan ko`rinib turibdiki,  $[H^+] = [HCOO^-]$  teng va ularni X bilan belgilaymiz.  $HCOOH$  ning ionlanmagan qismini,  $[HCOOH] = C - X$  bilan belgilaymiz. Belgilangan qiymatlarni konstanta tenglamasiga qo`yamiz:

$$K = \frac{X^2}{C - X} \text{ tenglamani X ga nisbatan echamiz:}$$

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{X^2}{0,03 - X}$$

$$X^2 = 1,8 \cdot 10^{-4} (0,03 - X)$$

$$X^2 + 1,8 \cdot 10^{-4} X - 5,4 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$X = \frac{-1,8 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(1,8 \cdot 10^{-4})^2 + 4(1 \cdot 5,4 \cdot 10^{-6})}}{2} = \frac{-1,8 \cdot 10^{-4} \pm 4,65 \cdot 10^{-3}}{2} =$$

$$= \frac{4,47 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[H^+] = [HCOO^-] = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 2,24 \cdot 10^{-3} = -\lg 0,0224 = -(-3 + 0,3483) = 2,65$$

Ikkinchi variant: HCOOH ning foiz konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida molyar konsentrasiyaga o'tkazamiz:

$$C = \frac{10C_2 d}{M_{HCOOH}}$$

Bu yerda, d -5% li HCOOH ning zichligi. 5% li chumoli kislotaning zichligi 1 ga juda yaqin bo'lgani uchun 1,00 g/ml ga teng deb olamiz va qiymatlarni formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$C = \frac{10 \cdot 5 \cdot 1}{46,03} = 1,09 \text{ mol/l.HCOOH}$$

$$X^2 = 1,8 \cdot 10^{-4} (1,09 - X);$$

$$X^2 + 1,8 \cdot 10^{-4} X - 1,95 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$X = \frac{-1,8 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(1,8 \cdot 10^{-4})^2 + 4(1 \cdot 1,95 \cdot 10^{-4})}}{2} = \frac{-1,8 \cdot 10^{-4} \pm 2,79 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,3910 - 2 \text{ mol/l}$$

$$[H^+] = [HCOO^-]$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 1,93 \cdot 10^{-2} = -\lg 0,0139 = -(-2 + 0,1430) = 1,857 \approx 1,86$$

Uchinchi variant: Chumoli kislotaning 4,6 g/l ga teng bo'lgan konsentrasiyasini molyar konsentarsiyaga quyidagi formula yordamida o'tkazamiz:

$$C = \frac{C_3}{M_{HCOOH}} = \frac{4,6}{46,03} = 0,1 \text{ mol/l.HCOOH}$$

Shundan so'ng birinchi variant kabi echamiz:

$$K = \frac{X^2}{C - X}$$

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{X^2}{0,1 - X}$$

$$X^2 = 1,8 \cdot 10^{-4} (0,1 - X)$$

$$X^2 + 1,8 \cdot 10^{-4} X - 0,18 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$X = \frac{-1,8 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(1,8 \cdot 10^{-4})^2 + 4(1 \cdot 0,18 \cdot 10^{-4})}}{2} = \frac{-1,8 \cdot 10^{-4} \pm 8,48 \cdot 10^{-3}}{2} =$$

$$= 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[H^+] = [HCOO^-] = 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 4,19 \cdot 10^{-3} = -\lg 0,00419 = -(-3 + 0,6222) = 2,3778 \approx 2,38$$

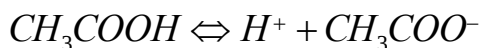
3-masala

0,1m li CH_3COOH eritmasida H^+ ionning muvozanat konsentrasiyasi $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ ga teng. CH_3COOH ning ionlanish konstantasi va dissosiasiya darajasi hisoblansin.

Berilgan: $[H^+] = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$; $S = 0,1 \text{ mol/l}$

Topish kerak: $\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}} = ?$, $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = ?$

Yechish: ionlanish reaksiya tenglamasini yozamiz:



Shu reaksiyaning dissosiasiya konstantasi quyidagiga teng:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

Reaksiya tenglamasi shuni ko'rsatadiki,

$$[H^+] = [CH_3COO^-]; \quad [CH_3COOH] = C_{um} - C_{ionlangar}$$

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[H^+] [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}}{0,1 - 1,3 \cdot 10^{-3}} = \frac{1,69 \cdot 10^{-6}}{9,87 \cdot 10^{-2}} = 1,71 \cdot 10^{-5}$$

Elektrolitik dissosiasiya darajasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \sqrt{\frac{K}{C}};$$

$$\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \sqrt{\frac{1,71 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 0,013 = 1,3\%$$

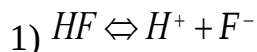
4-masala

Aktivlik koeffisientini inobatga olib, ushbu: 1) 0,1 m HF; 2) 0,2 m CH_3COOH ; 3) 0,5 m HCOOH eritmalarining dissosiasiya darajasi va pH i hisoblansin.

Berilgan: $C_1 = 0,1 \text{ m HF}$; $C_2 = 0,2 \text{ m CH}_3\text{COOH}$; 3) $C_3 = 0,5 \text{ m HCOOH}$

Topish kerak: $\alpha = ?$, $H = ?$

Yechish: HF ning dissosiasiya tenglamasini yozamiz:



HF ning dissosiasiya konstanta tenglamasi quyidagiga teng:

$$K_{HF} = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

HF ning ionlanish konstantasini 6-jadvaldan aniqlaymiz:

$$K_{HF} = 6,8 \cdot 10^{-4}, \quad \mu = 0$$

Bu yerda ion kuchi (μ) nolga teng.

Konstanta tenglamasidan vodorod $[H^+]$ ionining konsentrasiyasini aniqlaymiz $[H^+] = [F^-]$:

$$[H^+] = \sqrt{K_{HF} \cdot C_{HF}}; \quad [H^+] = \sqrt{6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1} = 8,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$[H^+]$ ionining taxminiy konsentrasiyasini bilgan holda eritmaning ion kuchini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{H^+} Z_{H^+}^2 + C_{F^-} \cdot Z_{F^-}^2) = \frac{1}{2} (8,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 + 8,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2) = 8,25 \cdot 10^{-3}$$

HF ning ionlanish konstantasini eritmaning topilgan ion kuchi bo'yicha Devis tenglamasi yordamida tekshirib ko'ramiz:

$$pK = pK_0 + \Delta Z^2 \cdot 0,5 \left(\frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} - 0,2\mu \right); \quad \text{bu yerda } \Delta Z^2 = \sum n Z_n^2 + \sum m Z_{\text{ion}}^2$$

n, m-stexiometrik koeffisientlar

Z-ion zaryadi.

$$\text{Bundan, } \Delta Z^2 = Z_{H^+}^2 + Z_{F^-}^2 + Z_{HF}^2 = 1 + 1 - 0 = 2$$

Son qiymatlarni pK tenglamasiga qo'yib echamiz:

$$pK_{HF} = 3,17 + 2 \cdot 0,5 \left(\frac{\sqrt{8,25 \cdot 10^{-3}}}{1 + \sqrt{8,25 \cdot 10^{-3}}} - 0,2 \cdot 8,25 \cdot 10^{-3} \right) = 3,09;$$

$$K_{HF} = 8,12 \cdot 10^{-4}$$

Aktivlik koeffisienti hisobga olingan ionlanish konstantasining son qiymatidan foydalanib, N^+ ion konsentrasiyasini hisoblaymiz:

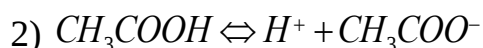
$$[H^+] = \sqrt{K_{HF} \cdot C_{HF}} = \sqrt{8,12 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$\text{Shuningdek, } pH = -\lg[H^+] = -\lg 9,0 \cdot 10^{-3} = 2,05$$

Ostval'd qonuniga asosan ionlanish darajasini aniqlaymiz:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{8,12 \cdot 10^{-4}}{0,1}} = 9,01 \cdot 10^{-2} = 9,01\%$$

Masalaning keyingi punktlaridagi mulohazalari o'xshash bo'lgani uchun faqat matematik hisoblarini keltiramiz.



$$K_{CH_3COOH} = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]};$$

$$K_{CH_3COOH} = 1,75 \cdot 10^{-5}; \quad \mu = 0$$

$$[H^+] = [CH_3COO^-]; \quad [CH_3COOH] \cong C$$

$[H^+]$ ning taxminiy konsentrasiyasini aniqlaymiz:

$$[H^+] = \sqrt{K_{CH_3COOH} \cdot C} = \sqrt{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$\mu = \frac{1}{2}(1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 + 1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2) = 1,87 \cdot 10^{-3}$$

CH_3COOH ning ionlanish konstantasini Devis tenglamasi bo'yicha hisoblaymiz:

$$pK = pK_0 + \Delta Z^2 \cdot 0,5 \left(\frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} - 0,2\mu \right);$$

$$\Delta Z^2 = \sum nZ^2_{\text{катион}} + \sum mZ^2_{\text{анион}} - Z^2_{CH_3COOH} = 1 + 1 - 0 = 2$$

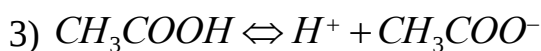
$$pK = 4,75 - 2 \cdot 0,5 \left(\frac{\sqrt{1,87 \cdot 10^{-3}}}{1 + \sqrt{1,87 \cdot 10^{-3}}} - 0,2 \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} \right) = 7,75 - 0,041 = 4,709$$

$$K_{CH_3COOH} = 1,96 \cdot 10^{-5}$$

Bu holda, $[H^+]$ ning konsentrasiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$[H^+] = \sqrt{K \cdot C} = \sqrt{1,96 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2} = 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 1,98 \cdot 10^{-3} = 2,70$$



$$K_{CHCOOH} = \frac{[H^+] \cdot [HCOO^-]}{[HCOOH]};$$

$$K_{CHCOOH} = 1,78 \cdot 10^{-5}; \quad \mu = 0$$

$$[H^+] = [HCOO^-]; \quad [HCOOH] = C$$

$[H^+]$ ning taxminiy muvozanat konsentrasiyasini aniqlaymiz:

$$[H^+] = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5} = 9,434 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$\mu = \frac{1}{2}(9,434 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 + 9,434 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2) = 9,434 \cdot 10^{-3}$$

$HCOOH$ ning ionlanish konstantasini Devis tenglamasi yordamida hisoblaymiz:

$$pK = pK_0 + \Delta Z^2 \cdot 0,5 \left(\frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} - 0,2\mu \right);$$

$$\Delta Z^2 = \sum nZ^2_{kation} + \sum nZ^2_{anion} - \sum mZ^2_{HCOOH} = 1 + 1 - 0 = 2$$

$$pK = 3,75 - 2 \cdot 0,5 \left(\frac{\sqrt{9,434 \cdot 10^{-3}}}{1 + \sqrt{9,434 \cdot 10^{-3}}} - 0,2 \cdot 9,434 \cdot 10^{-3} \right) = 3,6634$$

$$K = 2,17 \cdot 10^{-4}$$

Bu holda, $[H^+]$ ning konsentrasiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$[H^+] = \sqrt{2,17 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5} = 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 1,04 \cdot 10^{-2} = 1,98$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{2,17 \cdot 10^{-4}}{0,5}} = 2,083 \cdot 10^{-2} = 2,08\%$$

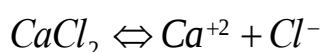
5-masala

0,02 n li kal'siy xlorid eritmasidagi Ca^{+2} va Cl^- ionlarining aktivligi nechaga teng?

Berilgan: $C=0,02$ H $CaCl_2$

Topish kerak: $a_{Ca^{+2}} = ?$ $a_{Cl^-} = ?$

Yechish: Kal'siy xloridning ionlanish reaksiyasini yozamiz:



$CaCl_2$ ning normal konsentrasiyasini molyar konsentrasiyaga o'tkazamiz:

$$M = \frac{C \cdot E}{\text{mol} \cdot \text{massasi}} = \frac{0,02 \cdot \frac{\text{mol} \cdot \text{massa}}{2}}{2} = 0,01m \text{ } CaCl_2$$

Demak, kal'siy ionining muvozanat konsentrasiyasi $[Ca^{+2}] = 0,01 \text{ mol/l}$ ga, xlorid ionining muvozanat konsentrasiyasi $[Cl^-] = 0,01 \text{ mol/l}$ ga teng. 0,01 m li $CaCl_2$ eritmasidagi ionlarning konsentrasiyasini bilgan holda, eritmaning ion kuchini quyidagi tenglama yordamida hisoblash mumkin.

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{Ca^{+2}} Z_{Ca^{+2}}^2 + C_{Cl^-} Z_{Cl^-}^2)$$

$$\mu = \frac{1}{2} (0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2) = 0,03$$

Debay-Gyukkel formulasidan foydalanib, Ca^{+2} va Cl^- ionlarining aktivlik koefitsientini hisoblaymiz:

$$\lg f = -0,5 Z^2 \sqrt{\mu} = -0,5 \cdot 4 \sqrt{0,03} = -0,3464$$

$$f_{Ca^{+2}} = 0,4504 \approx 0,45$$

$$f_{Cl^-} = -0,5 \sqrt{0,03} = -0,0866$$

$$f_{Cl^-} = 0,819 \approx 0,82$$

Eritmadagi ionlarning aktivligini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$a_{Ca^{+2}} = f_{Ca^{+2}} \cdot C_{Ca^{+2}} = 0,45 \cdot 0,01 = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$a_{Cl^{-}} = f_{Cl^{-}} \cdot C_{Cl^{-}} = 0,82 \cdot 0,02 = 1,64 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

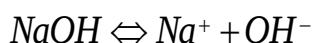
6-masala

8 gr natriy gidroksid 10 l suvda eritilgan. Eritmadagi gidroksid ionining aktivligi hisoblansin.

Berilgan: $q_{NaOH}=8 \text{ g}$; $V_{H_2O}=10 \text{ l}$

Topish kerak: $a_{OH^{-}} = ?$

Yechish: Natriy gidroksidini ionlanish t`englamasini yozamiz:



Oldin natriy gidroksid eritmasining 1 l dagi mol` konsentrasiyasini aniqlaymiz. Ushbu reaksiyaga binoan eritmaning normal konsentrasiyasi molyar konsentrasiyaga tengdir.

$$T = \frac{q}{V}, C = \frac{T \cdot 1000}{\vartheta}$$

$$C = \frac{8 \cdot 1000}{10000 \cdot 40} = 0,02n \approx 0,02m$$

Demak, $[OH^{-}]=0,02 \text{ mol/l}$ ga teng. 0,02 m li NaOH eritmasining ion kuchini aniqlaymiz:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{Na^{+2}} Z_{Na^{+2}}^2 + C_{OH^{-}} Z_{OH^{-}}^2) = \frac{1}{2} (0,02 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2) = 0,02$$

OH^{-} ionining aktivlik koeffisientini Debay-Gyukkel` formulasi yordamida aniqlaymiz:

$$\lg f_{OH^{-}} = -0,5Z^2 \sqrt{\mu} = -0,071$$

$$f_{OH^{-}} = 0,849 \approx 0,85$$

Shuningdek, OH^{-} ionining aktivligi quyidagicha bo`ladi

$$a_{OH^{-}} = f_{OH^{-}} \cdot C = 0,85 \cdot 0,02 = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l } OH^{-}$$

7-masala

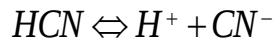
0,1 m li vodorod sianid kislota eritmasini 10 marta suyultirsak, ionlanish darajasi qanday o`zgaradi?

Berilgan: $C=0,1 \text{ m HCN}$ 10 marta suyultirilgan.

Topish kerak:

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = ?$$

Yechish:



Vodorod sianid kislotasining konsentrasiyalariga qarab, ionlanish darajalarini (α_1 va α_2) quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$$

6-jadvaldan HCN ning ionlanish konstantasini aniqlaymiz:

$$K_{HCN} = 6,5 \cdot 10^{-10}$$

Ostval`dning suyultirish qonuniga asosan ionlanish darajasini hisoblaymiz:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{6,5 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = \sqrt{65 \cdot 10^{-10}} = 8,07 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{yoki } 8,07 \cdot 10^{-5} \cdot 100\% = 0,008\%$$

HCN eritmasini 10 marta suyultirsak, uning konsentrasiyasi 0,01 m ga teng bo`ladi.

α_1 ga o`xshash α_2 ni hisoblaymiz:

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{6,5 \cdot 10^{-10}}{0,01}} = \sqrt{6,5 \cdot 10^{-8}} = 2,55 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{yoki } 2,55 \cdot 10^{-4} \cdot 100\% = 0,026\%$$

Shundan kelib chiqib, ionlanish darajalarining nisbatlari quyidagiga teng bo`ladi:

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{0,026}{0,008} = \frac{26}{8} = 3,25 \text{ ya`ni ionlanish darajasi 3,25 marta oshar ekan.}$$

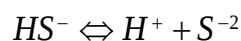
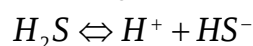
8-masala

0,1 m li vodorod sul`fid eritmasining I va II bosqichlar bo`yicha dissosiasiya darajasi hisoblansin.

Berilgan: C=0,1m li H₂S

Topish kerak: $\alpha_1 = ?$ $\alpha_2 = ?$

Yechish: N₂S ning bosqichli ionlanishini yozamiz:



Ostval`dning suyultirish qonuniga asosan H₂S eritmasining bosqichli ionlanish darajalarini hisoblaymiz:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \text{ bundan } \alpha_1 = \sqrt{\frac{K_1}{C}}; \alpha_2 = \sqrt{\frac{K_2}{C}}$$

6-jadvaldan H_2S ning bosqichli ionlanish konstantasini aniqlaymiz:

$$K_{HCN} = 6,5 \cdot 10^{-10}$$

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{6,5 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = \sqrt{65 \cdot 10^{-10}} = 8,07 \cdot 10^{-5}$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-13}}{0,1}} = \sqrt{1,3 \cdot 10^{-12}} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ yoki}$$

$$1,14 \cdot 10^{-6} \cdot 100\% = 1,14 \cdot 10^{-4}\% = 0,0001\%$$

9-masala

0,01 m li NH_3 eritmasidagi vodorod ionining muvozanat konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: $C = 0,01 \text{ m } NH_3$

Topish kerak: $[H_3O^+] = ?$

Yechish: Ammiak eritmasidagi ammiakning ionlanish reaksiyasini yozamiz:



Ionlanish reaksiyaning muvozanat konstanta tenglamasi quyidagiga teng:

$$K = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

Muvozanat tenglamasiga binoan ammoniy va gidroksil ionlarining muvozanat konsentrasiyalari bir-biriga teng, ya'ni $[NH_4^+] = [OH^-] = X$ deb olsak, u holda ammiak molekulasining ionlangan konsentrasiyasi $[NH_3] = C - X$ ga teng bo'ladi:

$$K = \frac{X^2}{C - X} \text{ teng.}$$

6-jadvalga asosan ammiakning eritmadagi ionlanish konstantasi $1,76 \cdot 10^{-5}$ Tenglamadagi kattaliklarning son qiymatlarini tenglamaga qo'yib, X ga nisbatan echamiz:

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{X^2}{0,03 - X}$$

$$X^2 = 1,8 \cdot 10^{-4}(0,03 - X)$$

$$X^2 + 1,8 \cdot 10^{-4}X - 5,4 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$X = \frac{-1,76 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{(1,76 \cdot 10^{-5})^2 + 4 \cdot 1,76 \cdot 10^{-7}}}{2} = \frac{-1,76 \cdot 10^{-5} \pm 8,4 \cdot 10^{-4}}{2} =$$

$$= 8,224 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l } [OH^-]$$

Suvning ion ko'paytmasi tenglamasidan vodorod ionining muvozanat konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$[OH^-] \cdot [H_3O^+] = K_{H_2O} = 1,0 \cdot 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{8,224 \cdot 10^{-4}} = 1,21 \cdot 10^{-11} \text{ mol/l}$$

10-masala

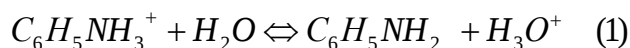
$1,0 \cdot 10^{-2}$ m li anlin gidrokslorid eritmasidagi vodorod ionining muvozanat konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: $C = 0,01$ m $C_6H_5NH_3Cl$

Topish kerak: $[H_3O^+] = ?$

Yechish: Birinchi variant.

Anilin gidrokslorid suvli eritmada Cl^- va $C_6H_5NH_3^+$ ionlarga to'liq dissosialangan bo'ladi. $C_6H_5NH_3^+$ kationi o'z navbatda kuchsiz elektrolit kabi dissosialanadi:



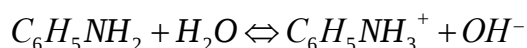
Yuqorida ko'rsatilgan gidroliz reaksiyasining muvozanat tenglamasi quyidagiga teng:

$$K_a = \frac{[C_6H_5NH_2] \cdot [H_3O^+]}{[C_6H_5NH_3^+]}$$

Ushbu adabiyotda

$C_6H_5NH_3^+$ uchun muvozanat konstanta qiymati berilmagan, lekin anilinning ionlanish konstatasi berilgan. ($K_v = 3,31 \cdot 10^{-10}$)

Anilinning gidrolizlanish tenglamasini yozamiz:



Shu reaksiyaning ionlanish konstanta tenglamasini yozamiz:

$$K_e = \frac{[C_6H_5NH_3^+] \cdot [OH^-]}{[C_6H_5NH_2]}$$

K_a va K_e qiymatlarni bir-biriga ko'paytirib, $[C_6H_5NH_2]$ va $[C_6H_5NH_3^+]$ larning muvozanat konsentrasiyalarini qisqartiramiz:

$$K_a K_e = \frac{[C_6H_5NH_2] \cdot [H_3O^+] \cdot [C_6H_5NH_3^+] \cdot [OH^-]}{[C_6H_5NH_3^+] \cdot [C_6H_5NH_2]} = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$$

ya'ni,

$$K_a K_e = K_{H_2O}$$

$$\text{Bundan, } K_a = \frac{K_{H_2O}}{K_e} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{3,31 \cdot 10^{-10}} = 3,02 \cdot 10^{-5}$$

Tenglama (1) dan $[H_3O^+]$ va anlin bir-biriga teng bo'lganidan:

$[H_3O^+] = [C_6H_5NH_2] = X$ ga teng deb olsak, u holda $[C_6H_5NH_3^+] = C - X$ ga teng bo'ladi. Bu qiymatlarni K_a tenglamasiga qo'yib X ga nisbatan echamiz:

$$K_a = \frac{X^2}{C - X};$$

$$3,02 \cdot 10^{-5} = \frac{X^2}{0,01 - X}$$

$$X^2 + 3,02 \cdot 10^{-5} - 3,02 \cdot 10^{-7} = 0$$

$$X = \frac{-3,02 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{(3,02 \cdot 10^{-5})^2 + 4 \cdot 3,02 \cdot 10^{-7}}}{2} = \frac{-3,02 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{9,12 \cdot 10^{-10} + 1,2 \cdot 10^{-6}}}{2} =$$

$$= \frac{-3,02 + 1,1 \cdot 10^{-5}3}{2} = 5,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l } [H_3O^+]$$

Ikkinchi variant.

Amaliyotda ko'pincha taxminiy tenglash usulidan foydalaniladi ya'ni (1) tenglamadan $[H_3O^+] = [C_6H_5NH_2] = X$ teng deb olsak, X ning qiymati juda kichik bo'lganligidan $[C_6H_5NH_3^+] = C - X \approx C$ ga teng deb olamiz, u holda

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{0,01};$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{3,02 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Ikkinchi variantning birinchi variant bo'yicha nisbiy xatoligini hisoblaymiz:

$$E = \frac{[H_3O^+]_1 - [H_3O^+]_2}{[H_3O^+]} \cdot 100\% = \left(\frac{5,35 \cdot 10^{-4} - 5,5 \cdot 10^{-4}}{5,35 \cdot 10^{-4}} \right) \cdot 100 = \frac{0,15 \cdot 10^{-4}}{5,35 \cdot 10^{-4}} \cdot 100 = 2,8\%$$

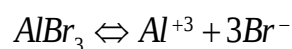
11-masala

Tarkibida 0,01 m natriy bromid va 0,01 m alyuminiy bromid bo'lgan eritmadagi bromid – ionning aktivligi hisoblansin.

Berilgan: $C_1 = 0,01 \text{ mol/l}$; $C_2 = 0,01 \text{ m}$

Topish kerak: $a_{Br^-} = ?$

Yechish: NaBr va AlBr larning ionlanish tenglamasini yozamiz:



Eritmadagi ion-kuchini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{Na^+} Z_{Na^+}^2 + C_{Br^-} Z_{Br^-}^2 + C_{Al^{+3}} Z_{Al^{+3}}^2 + C_{Br^-} Z_{Br^-}^2)$$

Natriy broimdda natriy va brom ionlarining konsentrasiyalari $[Na^+] = [Br^-] = 0,01 \text{ mol/l}$ ga teng, alyuminiy bromidda alyuminiy ionining konsentrasiyasi $0,01 \text{ mol/l}$ ga,

brom ionining konsentrasiyasi $0,01 \cdot 3 = 0,03 \text{ mol/l}$ ga teng. Shundan kelib chiqib:

$$\mu = \frac{1}{2} (0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 3^2 + 0,03 \cdot 1^2) = 0,07$$

Debay-Gyukkel` formulasi yordamida (suyultirilgan eritmalar uchun) bromid-ionining aktivlik koeffisientini aniqlaymiz:

$$\lg f_{OH^-} = -0,5Z^2 \sqrt{\mu} = -0,5 \cdot 1 \sqrt{0,07} = -0,13229$$

$$f = 0,7373 \approx 0,74$$

Eritmadagi bromid-ionining umumiy konsentrasiyasi $0,01 + 0,03 = 0,04$ mol/l. Shundan kelib chiqib, $0,74 \cdot 0,04 = 0,0296 \approx 0,03 \text{ mol/l}$

Konsentrlangshan eritmalar uchun Debay-Gyukkel`ning formulasi yordamida bromid-ionining aktivlik koeffisientini aniqlab ko`ramiz:

$$\lg f = \frac{-0,5Z^2 \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} = -0,1046; f = 0,78$$

$$a = f \cdot C = 0,78 \cdot 0,04 = 0,0312 \text{ mol/l}$$

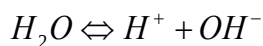
12-masala

Agar toza suvning haroratini 10°C dan 25°C gacha ko`tarsak, ionlarning soni necha marta ortadi?

Berilgan: $t_1 = 10^\circ\text{C}$; $t_2 = 25^\circ\text{C}$

Topish kerak: $\frac{[H^+]_2}{[H^+]_1} = \frac{[OH^-]_2}{[OH^-]_1} = ?$

Yechish: Suvning ionlanish reaksiyasini yozamiz:



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

$$K^a_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$$

Haroratning o`zgarishi bilan suvning ko`paytmasi o`zgaradi. Masalan, 10°C da $K_{H_2O} = 0,3 \cdot 10^{-14}$ ga teng, 25°C da $K_{H_2O} = 1,0 \cdot 10^{-14}$ (Jadval 7). Shundan kelib chiqib, $[H^+]_1 = [OH^-]_2 = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 0,5477 \cdot 10^{-7} \approx 0,55 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$.

$$\frac{[H^+]_2}{[H^+]_1} = \frac{[OH^-]_2}{[OH^-]_1} = \frac{1,0 \cdot 10^{-7}}{0,55 \cdot 10^{-7}} = 1,818 \approx 1,82 \text{ marta.}$$

Demak, toza suvning harorati 10°C dan 25°C gacha ko`tarilganda ionlarning soni 1,82 martaga oshar ekan.

13-masala

pH=2 ga teng bo`lgan 10 ml HCl ini 4 ga etkazish uchun eritmaning hajmini necha millitrgacha suyultirish kerak?

Berilgan: $V_1=10$ ml; $pH_1=2$; $pH_2=4$

Topish kerak: $V_2=?$

Yechish: Masalaning shartidan kelib chiqib, HCl ning ionlanish tenglamasini yozamiz:



$$pH_1 = -\lg[H^+] = 2; [H^+]_1 = 10^{-pH} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$pH_2 = -\lg[H^+] = 4; [H^+]_2 = 10^{-pH} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

HCl ning dissosiasiya tenglamasiga ko'ra ($\alpha = 1$) $[H^+] = [Cl^-] = C_{HCl}$

$C_1 = 0,01$ mol/l HCl;

$C_2 = 0,0001$ mol/l HCl

HCl ning pH i 4 ga teng bo'lishi uchun eritmani necha millitrga suyultirish kerakligini quyidagi tenglikdan aniqlash mumkin:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2};$$

$$\frac{0,0001}{0,01} = \frac{10}{X};$$

$$X = \frac{0,01 \cdot 10}{0,0001} = 1000 \text{ ml}$$

Demak, eritmaning hajmini 1000 ml gacha suyultirish kerak.

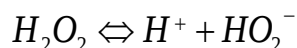
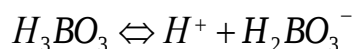
Masala 14

Quyida keltirilgan eritmalarining birinchi bosqich elektrolitik dissosiasiya konstantasi bo'yicha pH i hisoblansin.

Berilgan: $C_1 = 0,1$ mol/l H_3BO_3 ; $C_1 = 0,1$ mol/l H_2O_2

Topish kerak: $pH_1=?$; $pH_2=?$

Yechish:



Yuqorida ko'rsatilgan dissosiasiya tenglamalarining muvozzat konstantalari quyidagiga teng:

$$K_1 = \frac{[H^+] \cdot [H_2BO_3^-]}{[H_3BO_3]}; \quad K_2 = \frac{[H^+] \cdot [HO_2^-]}{[H_2O_2]}$$

Adabiyot ma'lumotlariga asosan, $K_1 = 5,75 \cdot 10^{-10}$, $K_2 = 2,0 \cdot 10^{-12}$

Dissosiasiya tenglamasidan kelib chiqib, vodorod ionining konsentrasiyasini $[H^+] = [H_2BO_3^-] = X_1$ ga, $[H^+] = [HO_2^-] = X_2$ ga ionlanmagan molekularning konsentrasiyasini $[H_3BO_3] \approx C_1$ ga, $[H_2O_2] \approx C_2$ ga teng deb olsak, u holda

$$X_1 = [H^+]_1 = \sqrt{\frac{K_1}{C_1}} = \sqrt{\frac{5,75 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = \sqrt{5,75 \cdot 10^{-10}} = 7,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$X_2 = [H^+]_2 = \sqrt{\frac{K_2}{C_2}} = \sqrt{\frac{2,0 \cdot 10^{-12}}{0,1}} = \sqrt{2,2 \cdot 10^{-10}} = 4,48 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

Bundan,

$$pH_1 = -\lg[H^+]_1 = -\lg 7,6 \cdot 10^{-6} = 5,12;$$

$$pH_2 = -\lg[H^+]_2 = -\lg 4,48 \cdot 10^{-7} = 6,36;$$

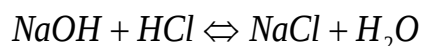
15-masala

Agar konsentrasiyasi 10^{-5} mol/l ga teng bo'lgan NaOH eritmaning 1 litriga 0,001 mol/l. a) NaOH; b) HCl qo'shilsa, eritmaning pH i necha birlikka o'zgaradi?

Berilgan: $C=1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ NaOH; $V=1000 \text{ ml}$; $C_2=0,001 \text{ mol/l}$ NaOH; $C_2=0,001 \text{ mol/l}$ HCl.

Topish kerak: $(pH_1 - pH_0) = ?$; $(pH_2 - pH_0) = ?$

Yechish:



$$[OH^-] = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}; \quad -\lg[OH^-] = pOH = 5$$

Bizga ma'lumki, $pH=14-pOH$ ga teng, bundan $pH_0=14-pOH=14-5=9$;

a) variant uchun

$$[OH^-] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$pH_1 = 14 - (-\lg 10^{-3}) = 14 - 3 = 11$$

$$pH_1 - pH = 11 - 9 = 2$$

Demak, birlamchi NaOH eritmasidan qo'shilsa, tekshirilayotgan eritmaning pH i 2 birlikka oshar ekan.

b) variant uchun

$$pH_2 = -\lg[H^+] = -\lg 10^{-3} = 3$$

$$pH_2 - pH_0 = 3 - 9 = -6$$

Demak, birlamchi NaOH eritmaga 0,001 mol/l HCl eritmasi qo'shilsa, tekshirilayotgan eritmaning pH i 6 birlikka kamayar ekan.

V – bob. Hidroliz va amfoterlik

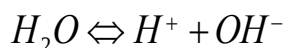
5.1. Hidroliz

Tahlilda tuzlarning gidrolizi nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lib, gidroliz jarayonni o'rganish qator murakkab jarayonlarning echimini aniqlashga yordam beradi. Gidroliz reaksiyalardan kation va anionlarni ochishda xususiy reaksiyalar sifatida,

Shuningdek eritmalarning pH va pOH muhitlarini muvozanatda ushlab turishda (regulyator sifatida) va boshqalarda foydalaniladi.

Gidrolizga misol qilib, har xil kimyoviy birikmalarni, ya'ni tuzlar, gidridlar, nitridlar va boshqa organik birikmalarni olish mumkin.

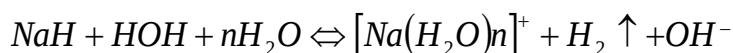
Suv tarkibida H^+ va OH^- ionlari bilan barcha ionlanmagan molekulalari ham bo'lib, ular o'zaro muvozanatda bo'ladilar:



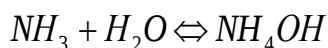
Agar suvda tuz yoki boshqa moddalar erigan bo'lsa, ularning suv ionlari bilan ularning o'zaro ta'sirlashishi natijasida muvozanat o'zgaradi. Tuz ionlarining suv ionlari bilan o'zaro reaksiyaga kirishishiga- gidroliz deb ataladi. Bu neytrallash reaksiyaga teskari bo'lgan jarayondir. Har xil kimyoviy birikmalar har xil gidrolizga uchraydi. Arreniusning elektrolitik dissosiasiya nazariyasiga asosan – bu gidrolizlanuvchi tuzning kation va anionlari yordamida suvning vodorod va gidroksil ionlarini bog'lash jarayonidir. Protolitik nazariyaga asosan gidratlangan kationlar kislota vazifasini bajarsa, kislota anionlari esa asos vazifasini bajaradilar. Suv esa amfiprot modda turkumiga kiradi.

Tuz turkumiga kiruvchi gidridlar (NaH , KH , RbH , CsH , CaH_2 , CrH_2 , va boshqalar) gidrolizga uchrab, erkin vodorod ajralib chiqadi, hamda metallarning gidratlangan ionlari va gidroksil ionlari hosil bo'ladi:

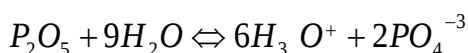
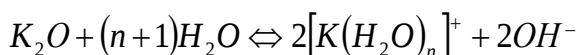
Masalan,



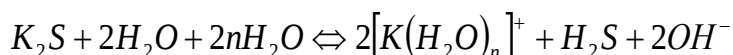
Shuningdek, boshqa misollarni keltirish mumkin, masalan, azot gidridini olsak, u suv bilan reaksiyaga kirishib, ammoniy gidroksidini hosil qiladi:



Oksidlarning gidrolizi:



Kaliy sul'fidning gidrolizi va boshqalar:



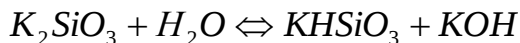
Odatda uch xil tuzlar gidrolizga uchraydi:

1. Kuchli asos va kuchsiz kislota dan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchraydi.

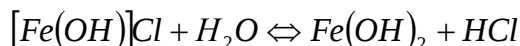
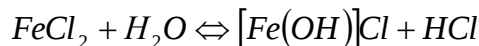


Bunday tuzlarning gidrolizini anion bo'yicha gidroliz deyiladi va eritmaning pH muhiti ishqoriy bo'ladi.

Bu turga kiruvchi ko'p asosli tuzlar bosqichli gidrolizlanadi. Bunda asosan gidroliz birlamchi bosqichda keyingi bosqichlarga nisbatan kuchli boradi. Masalan:



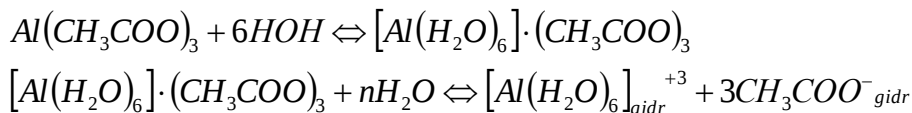
2. Kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchraydi. Masalan,



Bunday tuzlarning gidrolizini kation bo'yicha gidroliz deyiladi va eritmaning pH muhiti kislotali bo'ladi.

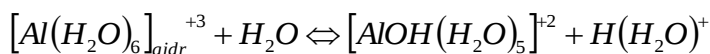
3. Kuchsiz asos va kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchraydi. Bunday tuzlarga misol qilib, ammoniy, temir, alyuminiy, mis ionlarining karbonatlari, asetatlari, sianidlarini va boshqalarni olish mumkin. Bunday tuzlarning gidrolizlanishi natijasida avval gidroksoakvakompleks, so'ngra gidratlangan ionlar hosil bo'ladi.

Masalan,

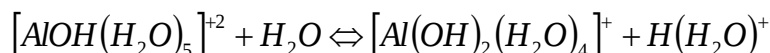


Gidroliz jarayoni ham kation ham anion bo'yicha uch bosqichda boradi.

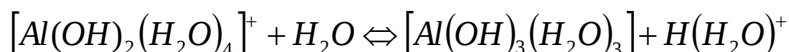
I bosqich gidrolizi:



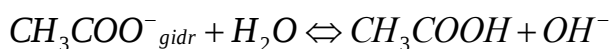
II bosqich gidrolizi:



III bosqich gidrolizi:



Anion bo'yicha gidrolizi:



Eritmaning pH i gidroliz natijasida hosil bo'lgan kislota va asoslarning kuchiga bog'liq bo'ladi. Bizning misolimizda eritmaning pH i kuchsiz kislotali bo'ladi, chunki asos ($K=1,38 \cdot 10^{-9}$) kislota ($K=1,75 \cdot 10^{-5}$) nisbatan ancha kuchsizdir. Bunday jarayoni kation va anion bo'yicha gidrolizi deyiladi. Miqdoriy jihatdan gidroliz qaytar jarayon bo'lib, ikki kattalik bilan xarakterlanadi: gidroliz konstantasi va gidroliz darajasi. Gidroliz konstantasi deb, gidroliz natijasida hosil bo'lgan modda konsentrasiyalari ko'paytmasini gidrolizlanmagan tuz ionlarining konsentrasiyalariga nisbatiga aytiladi.

$$K = \frac{C_{gidr}}{C_{um}}$$

Gidrolizlanuvchi tuz eritmalarining gidroliz konstantasi (K_{gidr}), gidroliz darajasi (α) va pH ini hisoblash tenglamalari bilan misollar yordamida tanishib chiqamiz:

1. Bir asosli kuchsiz kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuz (HAn) faqat anion bo'yicha gidrolizlanadi:



Bunday tuz uchun gidroliz konstantasi tenglamasining oxirgi ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$K_{gidr} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HAn}}$$

Bunday tuzning konsentraciyasini C (mol/l) ga teng deb olsak, gidroliz darajasi (agar 10% kichik bo'lsa) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{gidr}}{C}} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{CK_{HAn}}}$$

Gidrolizlangan tuz eritmasining pH i quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$pH = \frac{1}{2} pK_{H_2O} + \frac{1}{2} pK_{HAn} + \frac{1}{2} \lg C$$

Agar gidroliz darajasi 10% dan katta bo'lsa, u holda α va pH kattaliklar ancha aniq formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{-K_{H_2O}}{2CK_{HAn}} + \sqrt{\left(\frac{K_{H_2O}}{2CK_{HAn}}\right)^2 + \frac{K_{H_2O}}{CK_{HAn}}};$$

$$pH = pK_{H_2O} - pOH = pK_{H_2O} - p(C \cdot \alpha)$$

2) Bir asosli kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz (masalan NH_4OH) faqat kation bo'yicha gidrolizlanadi:



Bunday tuz uchun gidroliz konstanta tenglamasining oxirgi ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$K_{gidr} = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}}$$

Gidroliz darajasi (agar 10% dan kichik bo'lsa) quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{C}} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{CK_{NH_4OH}}};$$

Gidrolizlangan tuz eritmasining pH i quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

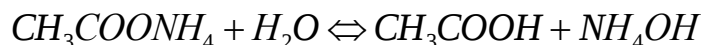
$$pH = \frac{1}{2} pK_{H_2O} - \frac{1}{2} pK_{NH_4OH} - \frac{1}{2} \lg C$$

Agar gidroliz darajasi 10% dan katta bo'lsa, u holda (α) va pH kattaliklar ancha aniq formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{-K_{H_2O}}{2CK_{NH_4OH}} + \sqrt{\left(\frac{K_{H_2O}}{2CK_{NH_4OH}}\right)^2 + \frac{K_{H_2O}}{CK_{NH_4OH}}};$$

$$pH = pK_{H_2O} - p(C \cdot \alpha)$$

3) Kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz (masalan CH_3COONH_4) ham kation ham anion bo'yicha gidrolizlanib, reaksiya tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



Gidroliz konstanta formulasi quyidagicha yoziladi:

$$K_{gidr} = \frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH} \cdot K_{NH_4OH}}$$

Gidroliz darajasi (agar $\alpha < 1$ bo'lsa)

$$\alpha = \sqrt{K_{gidr}},$$

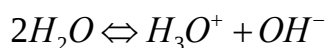
Agar $\alpha > 1$ bo'lsa,
$$\alpha = \frac{\sqrt{K_{gidr}}}{1 + \sqrt{K_{gidr}}}$$

Eritmaning pH i quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$pH = \frac{1}{2} pK_{H_2O} + \frac{1}{2} pK_{CH_3COOH} - \frac{1}{2} pK_{NH_4OH}$$

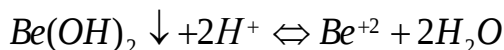
5.2. Amfoterlik

Bizga ma'lumki, tipik metallarning gidroksidlari asos xususiyatlarini namoyon etsa, nometallar va yuqori oksidlanish darajalariga ega bo'lgan ayrim metallar (marganes, xrom, vanadiy va boshqalar)ning gidroksidlari kislotali xususiyatlarni namoyon etadilar. Shunday gidroksidlar ham borki, ham kislota, ham asos xususiyatlarini namoyon etadi. Bunday gidroksidlarni amfoter gidroksidlar deyiladi. Elektrolitlarning ma'lum sharoitda boradigan reaksiyalarda kislota va asos xususiyatlarini namoyon etishiga amfoterlik deyiladi. Amfoter birikmaga misol qilib, suvni ham olish mumkin. Suvning o'zi quyidagi sxema bo'yicha ionlarga parchalanib, eritmada gidroksoniya va gidroksil ionlarini hosil qiladi:

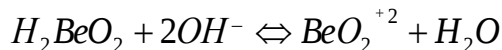


Har qanday kislota yoki asosni ma'lum darajada amfoter birikma deyish mumkin. Tipik amfoter xususiyatlarini namoyon etuvchi amfoter elektrolitlarga misol qilib, quyidagi gidroksidlarni olish mumkin:

$\text{Be}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Ga}(\text{OH})_3$, $\text{In}(\text{OH})_3$, $\text{As}(\text{OH})_3$, $\text{Sb}(\text{OH})_3$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$ va boshqalar. Agar berilliy gidroksidini kislotalda eritsak, u asos xususiyatini namoyon etib, kislotalarda eriydi:



Lekin u kislotali xususiyatni ham namoyon etib ishqorlarda eriydi:



Amfoter gidroksidlar kislota (K_{kislota}) va asos (K_{asos}) bo'yicha ionlanish konstanta kattaliklariga ega bo'lib, bu kattaliklarning qiymatlariga qarab, ularning kislotali va asos xususiyatlarini ko'proq namoyon etishini bilib olish mumkin. Masalan, rux gidroksidining ionlanish konstantalari $K_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 1,5 \cdot 10^{-9}$ va $K_{\text{H}_2\text{ZnO}_2} = 7,1 \cdot 10^{-12}$ larga teng.

Bu qiymatlardan rux gidroksidining asos xususiyati kislotali xususiyatidan katta ekanligini ko'rsatadi.

5.3. Gidroliz va amfoterlikka oid namunaviy masalalar

1-masala

0,01 n li KSN eritmasining gidroliz konstantasi va gidroliz darajasini hisoblang.

Berilgan: $C=0,01$ n KSN

Topish kerak: $K_{\text{gidr}} = ?$ $a_{\text{gidr}} = ?$

Yechish: KSN ning anion bo'yicha gidrolizi reaksiyasini yozamiz:



$$K_{\text{gidr}} = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HCN}}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{6,2 \cdot 10^{-10}} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

Gidroliz darajasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\alpha_{\text{gidr}} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{C \cdot K_{\text{HCN}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{0,01 \cdot 6,2 \cdot 10^{-10}}} = \sqrt{16,12 \cdot 10^{-4}} = 4,015 \cdot 10^{-2} = 0,0401 \approx 4,01\%$$

2-masala

Qo'rg'oshin asetatning I bosqich bo'yicha ionlanish konstantasi $K_{[\text{Pb}(\text{OH})]^\dagger} = 3,8 \cdot 10^{-8}$ ga teng. Gidroliz konstantasi va gidroliz darajasi hisoblansin

Berilgan: $K_{[\text{Pb}(\text{OH})]^\dagger} = 3,8 \cdot 10^{-8}$

Topish kerak: $K_{\text{gidr}} = ?$ $a_{\text{gidr}} = ?$

Yechish: $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ tuzi ham kation ham anion bo'yicha gidrolizlanadi. $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ning I bosqich gidroliz tenglamasini yozamiz:



I bosqich bo'yicha gidroliz konstantasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$K_{gidr} = \frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH} \cdot K_{[Pb(OH)]}}$$

6- va 7- jadvallar bo'yicha $K_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-14}$ $K_{CH_3COOH} = 1,75 \cdot 10^{-5}$

$$K_{gidr} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 3,8 \cdot 10^{-8}} = 1,91 \cdot 10^{-2}$$

Gidroliz darajasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\alpha_{gidr} = \sqrt{K_{gidr}} = \sqrt{1,91 \cdot 10^{-2}} = 0,138 \approx 13,8\%$$

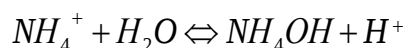
3-masala

0,05 m li ammoniy xlorid eritmasining pH i va pOH i hisoblansin.

Berilgan: $C=0,05$ NH_4Cl

Topish kerak: pH =? pOH =?

Yechish: NH_4Cl tuzi kation bo'yicha gidrolizlanadi:



Gidroliz nazariyasiga asosan NH_4Cl tuzi eritmasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{NH_4OH} - \frac{1}{2} \lg C_{NH_4Cl}$$

6-jadvaldan pK_{NH_4OH} ning son qiymatini topib, formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} \cdot 11,76 - \frac{1}{2} \lg 0,05 = 7 - 2,38 + 1,15 = 5,77$$

u holda, $pOH=14-pH=14-5,77=8,23$

4-masala

30 ml suvga 5 ml 3 m li KNO_2 eritmasi qo'shildi. Eritmaning pH i va darajasi hisoblansin.

Berilgan: $V=30$ ml H_2O ; $V_1=30$ ml KNO_2 ; $C_1=3$ m KNO_2

Topish kerak: pH =?

Yechish: KNO_2 tuzi anion bo'yicha gidrolizlanadi:



KNO_2 eritmasining umumiy hajmi $V_2 = V + V_1 = 30 + 5 = 35$ ml

KNO_2 tuz eritmasining suyultirilgandan keyingi konsentrasiyani quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

$$\text{Bundan: } C_2 = \frac{V_1 C_1}{V_2} = \frac{5 \cdot 3}{35} = 0,43 \text{ m KNO}_2$$

Tuzning gidroliz darajasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\alpha_{\text{gidr}} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{HNO_2} \cdot C_{KNO_2}}}$$

6- va 7- jadvallardan K_{H_2O} va K_{HNO_2} larning son qiymatlarini topib formulaga qo'yamiz:

$$\alpha_{\text{gidr}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-4}}{6,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4286}} = 6,135 \cdot 10^{-6}$$

yoki $6,135 \cdot 10^{-4} \%$

0,43 m li KNO_2 eritmasining pH ini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} K_{HNO_2} + \frac{1}{2} \lg C_{KNO_2}$$

$$pH = 7 - \frac{(-3,21)}{2} + \frac{1}{2} \lg 0,43 = 7 - (-1,605) + (-0,184) = 8,42$$

5-masala

pH i 11,10 ga teng bo'lgan 10 ml eritmasidagi KCN ning gramm miqdori nechaga teng?

Berilgan: $V_1=10$ ml KCN; pH=11,10

Topish kerak: $q_{\text{KCN}} = ?$

Yechish: KCN tuzi anion bo'yicha gidrolizlanadi:



Bunday tuzlarning pH i quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{H_2O} + \frac{1}{2} pK_{HCN} + \frac{1}{2} \lg C$$

Bu formuladan tuzning konsentrasiyasini aniqlaymiz:

$$\frac{1}{2} \lg C = pH - \frac{1}{2} pK_{H_2O} - \frac{1}{2} pK_{HCN}$$

$$\lg C = 2(pH - \frac{1}{2} pK_{H_2O} - \frac{1}{2} pK_{HCN}) = 2(11,10 - 7 - \frac{1}{2} \cdot 9,19) = -0,99$$

$$C = 0,1026 \text{ m}$$

0,1026 m li KSN ning 10 ml eritmasidagi gramm miqdorini proporsiya tuzib aniqlaymiz:

1 m — 0,6512 g KCN 10 ml eritmada

0,1026 m — X g KCN 10 ml eritmada

$$X = \frac{0,1026 \cdot 0,6512}{1} = 6,68 \cdot 10^{-2} \text{ gramm}$$

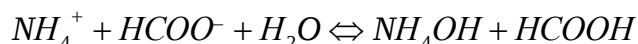
6-masala

Agar HCOONH_4 tuz eritmasining konsentrasiyasi 0,1 m ga, pH 6,50 ga teng bo'lsa, HCOOH 0,01 n li KCN eritmasining gidroliz konstantasi va gidroliz darajasini hisoblang.

Berilgan: $C=0,01$ n KCN

Topish kerak: $K_{\text{HCOOH}} = ?$ $\alpha_{\text{HCOOH}} = ?$

Yechish: HCOONH_4 tuzi ham anion, ham anion bo'yicha gidrolizlanadi:



Shu tuz eritmasining pH i quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{HCOOH}} - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}}$$

Shu formuladan $\text{p}K_{\text{HCOOH}}$ ni aniqlab, son qiymatlarni qo'yib hisoblaymiz:

$$\frac{1}{2} \text{p}K_{\text{HCOOH}} = \text{pH} - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}}$$

$$\text{p}K_{\text{HCOOH}} = 2(\text{pH} - \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{NH}_4\text{OH}}) = 2(6,50 - 7 + 2,38) = 3,76$$

$$\text{p}K_{\text{HCOOH}} = -\lg K_{\text{HCOOH}};$$

$$K_{\text{HCOOH}} = 10^{-\text{p}K_{\text{HCOOH}}} = 10^{-3,76} = 1,74 \cdot 10^{-4}$$

Ostval'dning suyultirish qonuniga asosan:

$$\alpha_{\text{HCOOH}} = \sqrt{\frac{K_{\text{HCOOH}}}{C_{\text{HCOOH}}}} = \sqrt{\frac{1,74 \cdot 10^{-4}}{0,1}} = 4,17 \cdot 10^{-2} \text{ yoki } 4,17\%$$

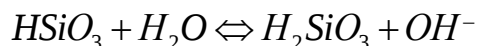
7-masala

Agar natriy gidrosilikatning (NaHSiO_3) ning birinchi bosqich ionlanish konstantasi $1 \cdot 10^{-10}$ ga, ikkinchi bosqichi $2 \cdot 10^{-12}$ ga teng bo'lsa, natriy gidrosilikat eritmasining pH i hisoblansin.

Berilgan: $K^1_{\text{H}_2\text{SiO}_3} = 1 \cdot 10^{-10}$, $K^2_{\text{H}_2\text{SiO}_3} = 2 \cdot 10^{-12}$

Topish kerak: $\text{pH} = ?$

Yechish: NaHSiO_3 tuzi anion bo'yicha gidrolizlanadi:



Shu eritmaning pH i quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\text{pH} = -\frac{1}{2} \lg K_1 - \frac{1}{2} \lg K_2$$

Formulaga K_1 va K_2 larning son qiymatlarini qo'yib eritma pH ini hisoblaymiz:

$$\text{pH} = -\frac{1}{2} \lg 1 \cdot 10^{-10} - \frac{1}{2} \lg 2 \cdot 10^{-12} = 5 + 5,8495 = 10,8495 \approx 10,85$$

8-masala

H_2SO_3 ning ionlanish konstantalarini ($K_1=1,7 \cdot 10^{-2}$; $K_2=6,2 \cdot 10^{-8}$) bilgan holda, konsentratsiyasi 1 m bo'lgan $NaHSO_3$ eritmasining gidroliz darajasi hisoblansin.

Berilgan: $K^1_{H_2SO_3} = 1,7 \cdot 10^{-2}$; $K^2_{HSO_3^-} = 6,2 \cdot 10^{-8}$; $C = 1M_{NaHSO_3}$

Topish kerak: $\alpha = ?$

Yechish: $NaHSO_3$ tuzining gidroliz darajasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\alpha = 2 \cdot \sqrt{\frac{K_{HSO_3^-}}{K_{H_2SO_3}}} \cdot 100\%$$

Formulaga K_1 va K_2 larning son qiymatlarini qo'yib, gidroliz darajasini hisoblaymiz:

$$\alpha = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,7 \cdot 10^{-2}}{6,2 \cdot 10^{-8}}} \cdot 100 = 2 \sqrt{3,65 \cdot 10^{-6}} \cdot 100 = 0,38\%$$

9-masala

0,005 m li kaliy sianid (KCN) eritmasidagi vodorod ionining aktivligi va rN i hisoblansin.

Berilgan: $C=0,005$ m KCN

Topish kerak: $a_{H^+} = ?$ $p_aH = ?$

Yechish: KSN tuzi anion bo'yicha gidrolizlanadi:



$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot K_{HCN}}{C_{HCN}}}$$

Agar $a=f \cdot C$ (a -aktivlik, f -aktivlik koeffisienti)ga tengligini hisobga olib, K_{H_2O} va K_{HCN} larni $K^a_{H_2O}$ va K^a_{HCN} larga almashtirsak, u holda tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K_{H_2O} = \frac{K^a_{H_2O}}{f^2}; \quad K_{HCN} = \frac{K^a_{HCOOH}}{f^2}$$
$$[H^+] = \sqrt{\frac{K^a_{H_2O} \cdot K^a_{HCOOH}}{f^2 f^2 C}} = \frac{1}{f^2} \sqrt{\frac{K^a_{H_2O} \cdot K^a_{HCOOH}}{C}}$$
$$a_{H^+} = [H^+] \cdot f_{H^+} = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{K^a_{H_2O} \cdot K^a_{HCOOH}}{C}}$$

Vodorod ionning aktivlik koeffisientini topish uchun KCN eritmasining ion kuchini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2; \quad \mu = \frac{1}{2} (0,005 \cdot 1^2 + 0,005 \cdot 1^2) = 0,005$$

KCN eritmasining ion kuchini bilgan holda 5-jadvaldan vodorod ionining aktivlik koeffisienti 0,93 ga teng ekanligini aniqlaymiz. U holda:

$$a_{H^+} = \frac{1}{0,93} \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14} \cdot 6,5 \cdot 10^{-10}}{0,005}} = 3,88 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л}$$

Bundan,

$$p_a H = -\lg a_{H^+} = -\lg 3,88 \cdot 10^{-11} = -(\lg 3,88 + \lg 10^{-11}) = -(0,58 - 11) = 10,42$$

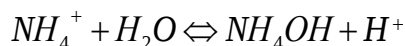
10-masala

Konsentrasiyasi 0,002 m ga teng bo'lgan NH_4NO_3 eritmasidagi vodorod ionining aktivligi va pH i hisoblansin.

Berilgan: $S=0,002 \text{ m NH}_4\text{NO}_3$

Topish kerak: $a_{H^+}=? \text{ pH}=?$

Yechish: NH_4NO_3 tuzi kation bo'yicha gidrolizlanadi:



Shu tuz uchun vodorod ionining konsentraciyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}}}$$

Ionlarning aktivligini hisobga olingan vodorod ionining konsentraciyasini quyidagi formula orqali hisoblaymiz:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{K^a_{\text{H}_2\text{O}}}{f^2}; \quad K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{K^a_{\text{NH}_4\text{OH}}}{f^2}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K^a_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C^a_{\text{NH}_4\text{NO}_3} \cdot f^2}{f^2 C}} = \sqrt{\frac{K^a_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{K^a_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}}$$

Bizga ma'lumki,

$$a_{H^+} = [H^+] \cdot f_{H^+} = f_{H^+} \sqrt{\frac{K^a_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{K^a_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}}$$

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2; \quad \mu = \frac{1}{2} (0,002 \cdot 1^2 + 0,002 \cdot 1^2) = 0,002$$

Ion kuchi $\mu=0,002$ ga teng bo'lgan vodorod ionining aktivlik koeffisientini 5-jadvaldan topamiz ($f_{H^+}=0,93$) va son qiymatlarni a_{H^+} tenlamasiga qo'yib hisoblaymiz:

$$a_{H^+} = 0,96 \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14} \cdot 0,002}{1,76 \cdot 10^{-5}}} = 1,023 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$p_a H = -\lg a_{H^+} = -\lg 1,023 \cdot 10^{-6} = -(\lg 1,023 + \lg 10^{-6}) = -(0,0098 - 6) = 5,99$$

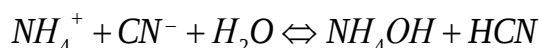
11-masala

Ammoniy sianid eritmasidagi vodorod ionining aktivligi va pH i hisoblansin.

Berilgan: $K^a_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-14}$; $K^a_{HCN} = 6,5 \cdot 10^{-10}$; $K^a_{NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$

Topish kerak: $a_{H^+} = ?$ $p_a H = ?$

Yechish: NH_4OH tuzi ham kation ham anion bo'yicha gidrolizlanadi:



Bu turga kiruvchi tuzdagi vodorod ionining konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot K_{HCN}}{K_{NH_4OH}}}$$

Ionlarning aktivligini hisobga olingan formuladan foydalanib, vodorod ionining konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$K_{H_2O} = \frac{K^a_{H_2O}}{f^2}; \quad K_{HCN} = \frac{K^a_{HCN}}{f^2}; \quad K_{NH_4OH} = \frac{K^a_{NH_4OH}}{f^2}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K^a_{H_2O} \cdot K^a_{HCN} \cdot f^2}{f^2 f^2 K^a_{NH_4OH}}} = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{K^a_{H_2O} \cdot K^a_{HCN}}{K^a_{NH_4OH}}}$$

Bizga ma'lumki,

$$a_{H^+} = [H^+] \cdot f_{H^+} = f_{H^+} \sqrt{\frac{K^a_{H_2O} \cdot K^a_{HCN}}{K^a_{NH_4OH}}}$$

Son qiymatlarni a_{H^+} tenlamasiga qo'yib, vodorod ionining aktivligini hisoblaymiz:

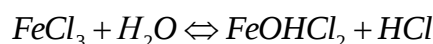
$$a_{H^+} = 0,96 \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14} \cdot 6,5 \cdot 10^{-10}}{1,76 \cdot 10^{-5}}} = 6,077 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

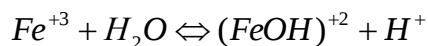
$$pH = -\lg a_{H^+} = -\lg 6,077 \cdot 10^{-10} = -(\lg 6,077 + \lg 10^{-10}) = -(0,7837 - 10) = 9,22$$

12-masala

Agar temir (III) xlorid eritmasining a) harorati oshirsak; b) eritmani suv bilan suyultirsak; v) eritmaga xlorid kislota qo'shsak $FeCl_3$ ning I bosqich bo'yicha gidroliz reaksiyasi yo'nalishini sxematik ko'rsating.

Yechish: $FeCl_3$ ning I bosqich bo'yicha gidroliz reaksiyasi quyidagicha boradi:

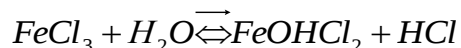




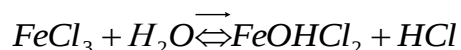
Eritmaning pH<7 bo'ladi.

Bizga ma'lumki gidroliz jarayon qaytar jarayon bo'lib, muvozanatga olib keladi. Lekin gidroliz reaksiyasining sharoitiga (harorati, konsentrasiyasi, pH muhiti va boshqalar) qarab, muvozanatni siljitish mumkin:

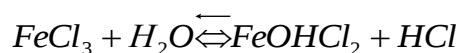
1) Agar haroratni oshirsak, suvning ionlanishi, ion ko'paytmasi oshib, gidroliz darajasi kuchayadi. Natijada gidroliz reaksiyasi o'ng tomonga siljiydi.



2) Eritmani suv bilan suyultirsak, suvning miqdori oshib, gidroliz kuchayadi, natijada gidroliz reaksiyasi o'ng tomonga siljiydi:



3) Eritmaga HCl qo'shsak, massalar ta'siri qonuniga binoan muvozanat chap tomonga siljiydi:



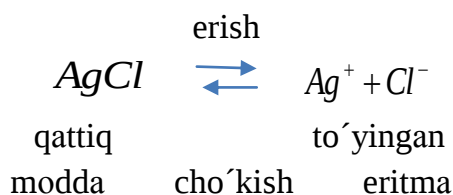
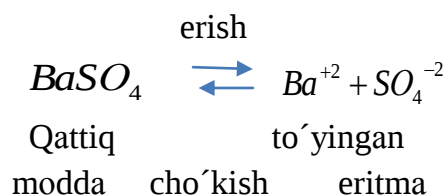
VI - bob. Cho'kmalarni hosil bo'lish va erish nazariyasi.

6.1. Eruvchanlik ko'paytmasi

Analitik kimyoda ko'pincha cho'kma hosil qilish va erish reaksiyalaridan foydalanib, ayrim ion yoki ionlar guruxlarini ochish mumkin. Cho'kmalarning ko'paytmasi kattaligi yordamida sifat va miqdor tahlilning muhim jarayonlarini boshqarish mumkin.

Erish jarayon-bu qaytar jarayon bo'lib, doim cho'kish jarayon bilan birga boradi. Ma'lum vaqt o'tgandan so'ng qarama-qarshi jarayonlar tezliklari tenglashib, dinamik muvozanat yuzaga keladi. Dinamik muvozanatdagi eritma bilan cho'kma birgalikda to'yingan eritma deyiladi.

Masalan:



To'yingan eritmalar-murakkab geterogen sistemalar bo'lib, bir necha fazalarni tashkil etadi (suyuq faza-eritma, qattiq faza -cho'kma). Eritma bilan cho'kma orasidagi yuzani faza deyiladi. Muvozanat yuzaga kelganda, o'zgaras haroratda qattiq faza kattaligi ham o'zgaras bo'lib 1 ga teng deb olsak, u holda massalar ta'siri qonuniga asosan cho'kmaning erish tezligi $V_1=K_1$ ga teng deb olish mumkin. Bunday holda cho'kmaning erish tezligi o'zgaras haroratda ($t=\text{const}$) moddaning tabiatiga bog'liq bo'ladi. Eritmadagi ionlarning cho'kish jarayon tezligi (V_2) esa shu ionlar aktivliklarining ko'paytmasiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$V_2 = K_2 \cdot a_{K^+} - a_{An^-}$$

Muvozanat yuzaga kelganda erish va cho'kish tezliklar tenglashadi: ($V_1=V_2$) ya'ni, $K_1 = K_2 \cdot a_{K^+} \cdot a_{An^-}$ bundan,

$$a_{K^+} \cdot a_{An^-} = \frac{K_1}{K_2}$$

K_1 va K_2 kattaliklar o'zgaras haroratda o'zgaras kattaliklar bo'lgani uchun, ularning nisbatlari ham o'zgaras kattalik hisoblanadi.

Kam eruvchan elektrolitning to'yingan eritmasidagi ($t=\text{const}$) aktiv ionlar ko'paytmasiga eruvchanlik ko'paytmasi (EK) deyiladi.

Masalan:

$$EK_{AgCl}^a = a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-}$$

$$EK_{MgNH_4PO_4}^a = a_{Mg^{+2}} \cdot a_{NH_4^+} \cdot a_{PO_4^{3-}}$$

Ionlarning aktivligi ularning molyar konsentrsiyalarini aktivlik koeffisientiga teng bo'lgani uchun cho'kmalarning eruvchanlik ko'paytmasini quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

Masalan:

$$EK_{AgCl}^a = [Ag^+] f_{Ag^+} \cdot [Cl^-] f_{Cl^-}$$

Kam eruvchan elektrolitlarning eruvchanlik ko'paytma qiymatlari 10^{-8} kichik bo'lgan hollarda $f_{K^+} = f_{An^-} = 1$ ga teng deb olsak, u holda eruvchanlik ko'paytma tenglamasini sodda ko'rinishda yozish mumkin, ya'ni

$$\text{Masalan: } EK_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$$

Eruvchanlik ko'paytmasi qoidasiga binoan kam eruvchan elektrolit eritmasidagi aktivliklarning ko'paytmasi elektrolit eritmaning eruvchanlik ko'paytmasiga teng bo'lganda berilgan haroratda eritma to'yingan bo'ladi. Eruvchanlik ko'paytmasidan kichik bo'lsa, eritma to'yinmagan bo'ladi, eruvchanlik ko'paytmasidan katta bo'lsa eritma o'ta to'yingan bo'lib, cho'kma tusha boshlaydi. Ya'ni: < >

$$a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-} = EK_{AgCl}^a \text{ to'yingan eritma}$$

$$a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-} < EK_{AgCl}^a \text{ to'yinmagan eritma}$$

$$a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-} > EK_{AgCl}^a \text{ o'ta to'yingan eritma}$$

6.2. Elektrolitlarning eruvchanligi (E) ga bir ismli ionlarning ta'siri

Agar biron-bir elektrolitning to'yinmagan eritmasiga bir ismli ion bo'lgan kuchli elektrolit qo'shsak, masalan AgCl ning to'yinmagan eritmasiga HCl yoki KCl, NaCl qo'shilsa, AgCl ning eruvchanligi kamayadi, sababi Shundaki, eritmadagi elektrolit ionlarini konsentrasiyalarining ko'paytmasi avval $([Ag^+] \cdot [Cl^-] \geq EK_{AgCl}^a)$ elektrolitning eruvchanlik ko'paytmasiga tenglashib, to'yingan eritma hosil bo'ladi, so'ngra eruvchanlik ko'paytmasidan oshib, o'ta to'yingan eritma hosil bo'ladi, cho'kma tusha boshlaydi.

Agar har xil ismli ion bo'lgan kuchli elektrolit qo'shilsa (masalan, KNO₃, NaNO₃), cho'kma eriy boshlaydi. Bunga sabab, Debay va Gyukkel qonuniga binoan eritmaning ion kuchi oshib, aktivlik koefitsienti kamayadi. Natijada elektrolit ionlari konsentrasiyalarining ko'paytmasi elektrolitning eruvchanlik ko'paytmasidan kichik bo'lib qoladi va cho'kma eriy boshlaydi. Ana shu hodisani tuz effekti deb ataladi.

Elektrolit ionlarning to'liq cho'kish jarayonlari quyidagi omillarga bog'liq bo'ladi:

1. Elektrolitning eruvchanlik ko'paytmasi qancha kichik bo'lsa, uning ionlari shuncha to'liq cho'kadi;

2. Elektrolit ionlarini to'liq cho'ktirish uchun cho'ktiruvchi reagent miqdori reaksiya tenglamasi bo'yicha bir yarim baravar ortiq bo'lishi kerak. Undan ortiq qo'shilsa, tuz effekti hodisasi yuz berishi mumkin.

3. Ayrim elektrolit ionlarini gidroksid ko'rinishida to'liq cho'ktirish uchun (masalan, Mg⁺², Ba⁺² va boshqa) cho'ktirish jarayonlari ma'lum pH da olib borish kerak bo'ladi, aks holda bunday ionlar to'liq cho'kmaydi chunki, ularning eruvchanlik ko'paytmalari oshib ketishi mumkin.

Suvda qiyin eriydigan elektrolitlarning (masalan, AgCl, BaSO₄, PbCrO₄, Ca₃(PO₄)₂ va boshqalar) eruvchanligini (E) ularning eruvchanlik ko'paytmalari orqali hisoblash mumkin. Masalan, AgCl, Ag₂CrO₄, Ca(PO₄)₂ larning eruvchanliklarini quyidagi formulalar orqali hisoblash mumkin:

$$E_{AgCl} = [Ag^+] = [Cl^-] = \sqrt{EK_{AgCl}^a}$$

$$E_{Ag_2CrO_4} = \frac{[Ag^+]}{2} = [CrO_4^{2-}] = \sqrt[3]{\frac{EK_{Ag_2CrO_4}^a}{4}}$$

$$E_{Ca_3(PO_4)_2} = \frac{[Ca^{+2}]}{3} = \frac{[PO_4^{-3}]}{2} = \sqrt[3+2]{\frac{EK_{Ca_3(PO_4)_2}}{3^3 \cdot 2^2}}$$

Eruvchanlikni umumiy koʻrinishda $Aa Bb$ tur elektrolitlar uchun quyidagi formula orqali hisoblash mumkin:

$$E_{A_a B_b} = \sqrt[a+b]{\frac{EK_{A_a B_b}}{a^a \cdot b^b}}$$

6.3. Choʻkmalarning hosil boʻlish va erish nazariyalariga oid namunaviy masalalar

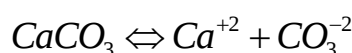
1-masala

Kalʼsiy karbonatning 1 l toʻyingan eritmasida $6,9 \cdot 10^{-3}$ g tuz bor. Kalʼsiy karbonatning eruvchanlik koʻpaytmasini hisoblang.

Berilgan: $V=1l$; $q=6,9 \cdot 10^{-3}$ g $CaCO_3$

Topish kerak: $EK_{CaCO_3} = ?$

Yechish:



Avval kalʼsiy karbonatning eruvchanligini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz ($CaCO_3$ ning molyar massasi $100,09$ g/mol` ga teng).

$$E_{CaCO_3} = \frac{q_{CaCO_3}}{mol \cdot massa \cdot CaCO_3} = \frac{6,9 \cdot 10^{-3}}{100,09} = 6,89 \cdot 10^{-5} mol/l$$

$CaCO_3$ ning ionlanish tenglamasiga binoan 1 mol`  $CaCO_3$  dissosialanganda 1 mol` Ca^{+2} va 1 mol` CO_3^{-2} hosil boʻladi. Demak, ionlarning muvozanat konsentrasiyalari $CaCO_3$ ning konsentrasiyasiga teng boʻladi, yaʼni $[Ca^{+2}] = [CO_3^{-2}] = 6,89 \cdot 10^{-5}$

$CaCO_3$ tuzi kam eruvchan kuchsiz elektrolit boʻlganidan uning eruvchanlik koʻpaytmasini soddalashgan formula yordamida hisoblaymiz:

$$EK_{CaCO_3} = [Ca^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}] = 6,8936 \cdot 10^{-5} \cdot 6,8936 \cdot 10^{-5} = 4,75 \cdot 10^{-9} \approx 4,8 \cdot 10^{-9}$$

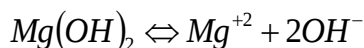
2-masala

Magniy gidroksidning $25^\circ C$ haroratda eruvchanligi $3,1 \cdot 10^{-2}$ g/l ga teng. Eruvchanlik koʻpaytmasini hisoblang.

Berilgan: $E_{Mg(OH)_2} = 3,1 \cdot 10^{-2}$ g/l; $t = 25^\circ C$

Topish kerak: $EK_{Mg(OH)_2} = ?$

Yechish: Birinchi variant: ionlanish reaksiyasi



Magniy gidroksidning eruvchanligini mol/l da quyidagi formula yordamida ifodalaymiz:

$$E_1 = \frac{E}{Mol \cdot massa} = \frac{3,1 \cdot 10^{-2}}{58,320} = 5,32 \cdot 10^{-4} mol/l$$

Magniy gidroksidning eruvchanlik ko'paytmasini quyidagi soddalashgan formulasi yordamida hisoblaymiz:

$$EK_{Mg(OH)_2} = [Mg^{+2}] \cdot [OH^-]^2$$

$Mg(OH)_2$ ning ionlanish reaksiyasiga binoan magniy ionining ionlanish konsentrasiyasi $[Mg^{+2}] = 5,32 \cdot 10^{-4} mol/l$ ga teng. $[OH^-]$ ionining muvozanat konsentrasiyasi 2 baravar katta, ya'ni $1,064 \cdot 10^{-3} mol/l$ ga teng. Topilgan son qiymatlarni eruvchanlik ko'paytmasi formulasiga qo'yib hisoblaymiz:

$$EK_{Mg(OH)_2} = 5,32 \cdot 10^{-4} \cdot (1,064 \cdot 10^{-3})^2 = 6,02 \cdot 10^{-10}$$

Ikkinchi variant:

$Mg(OH)_2$ ning eruvchanlik ko'paytmasini uning eruvchanlik formulasidan ham aniqlash mumkin:

$$E_{Mg(OH)_2} = \sqrt[3]{\frac{EK_{Mg(OH)_2}}{4}}$$

$$\text{Bundan } EK_{Mg(OH)_2} = 4 \cdot (E_{Mg(OH)_2})^3 = 4 \cdot (5,32 \cdot 10^{-4})^3 = 6,02 \cdot 10^{-10}$$

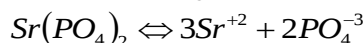
3-masala

1 litr to'yingan eritmada $1,121 \cdot 10^{-4} g$ stronsiy fosfat bor. Shu tuzning eruvchanlik ko'paytmasini hisoblang.

Berilgan: $V=1000 ml$; $q=1,121 \cdot 10^{-4} g$ $Sr(PO_4)_2$

Topish kerak: $EK_{Sr_3(PO_4)_2} = ?$

Yechish: Birinchi variant: ionlanish reaksiyasi



$Sr(PO_4)_2$ ning molyar massasi $452,803 g/mol$ ga teng.

Uning eruvchanligini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$E_{Sr_3(PO_4)_2} = \frac{q}{Mol \cdot massa} = \frac{1,121 \cdot 10^{-4}}{452,803} = 2,48 \cdot 10^{-7} mol/l$$

Dissosiasiya reaksiyasiga binoan $1 mol$ $Sr(PO_4)_2$ dan $3 mol/l$ Sr^{+2} va $2 mol/l$ PO_4^{-3} ionlari hosil bo'ladi. Bu ionlarning konsentrasiyasini hisoblash uchun proporsiya tuzamiz:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol / l Sr}(\text{PO}_4)_2 &\text{-----} 3 \text{ mol / l Sr}^{+2} \\ 2,48 \cdot 10^{-7} \text{ mol / l Sr}(\text{PO}_4)_2 &\text{-----} X \text{ mol / l Sr}^{+2} \\ X &= \frac{3 \cdot 2,48 \cdot 10^{-7}}{1} = 7,44 \cdot 10^{-7} \text{ mol / l Sr}^{+2} \end{aligned}$$

Xuddi shunday PO_4^{-3} ionining konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol / l Sr}(\text{PO}_4)_2 &\text{-----} 2 \text{ mol / l PO}_4^{-3} \\ 2,48 \cdot 10^{-7} \text{ mol / l Sr}(\text{PO}_4)_2 &\text{-----} X \text{ mol / l PO}_4^{-3} \\ X &= \frac{2 \cdot 2,48 \cdot 10^{-7}}{1} = 4,96 \cdot 10^{-7} \text{ mol / l PO}_4^{-3} \end{aligned}$$

$\text{Sr}(\text{PO}_4)_2$ ning eruvchanlik ko'paytmasini soddalashtirgan formulasi yordamida hisoblaymiz:

$$EK_{\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2} = [\text{Sr}^{+2}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{-2}]^2 = (7,44 \cdot 10^{-7})^3 \cdot (4,96 \cdot 10^{-7})^2 = 1,01 \cdot 10^{-31}$$

Ikkinchi variant: Stronsiy fosfatning eruvchanlik ko'paytmasini uning eruvchanlik formulasidan ham hisoblash mumkin.

$$E_{\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2} = \sqrt[3+2]{\frac{\mathcal{EK}_{\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2}}{3^3 \cdot 2^2}}$$

$$EK_{\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2} = 108 E^5 = 108 \cdot (2,48 \cdot 10^{-7})^5 = 108 \cdot 93,812 \cdot 10^{-35} = 10131,69 \cdot 10^{-35} = 1,01 \cdot 10^{-31}$$

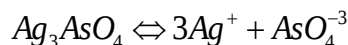
4-masala

Kumush arsenatning eruvchanlik ko'paytmasi $1,0 \cdot 10^{-22}$ ga teng. Kumush va arsenat ionlarning aktivligi hisoblansin.

Berilgan: $EK_{\text{Ag}_3\text{AsO}_4} = 1,0 \cdot 10^{-22}$

Topish kerak: $a_{\text{Ag}^+} = ?, a_{\text{AsO}_4^{-3}} = ?$

Yechish:



$$EK_{\text{Ag}_3\text{AsO}_4} = a_{\text{Ag}^+}^3 + a_{\text{AsO}_4^{-3}} = C_{\text{Ag}^+}^3 \cdot f_{\text{Ag}^+}^3 + C_{\text{AsO}_4^{-3}} \cdot f_{\text{AsO}_4^{-3}}$$

Ag_3AsO_4 tuzi qiyin eriydigan elektrolit bo'lganligi uchun eritmada uning ionlari juda oz bo'ladi va $f=1$, $a=C$ deb olish mumkin.

Agar arsenat ionining konsentrasiyasini x bilan belgilasak, u holda kumush ionining konsentrasiyasi $3x$ ga teng bo'ladi.

$$\begin{aligned} EK_{\text{Ag}_3\text{AsO}_4}^a &\approx EK_{\text{Ag}_3\text{AsO}_4} = [\text{Ag}^+]^3 \cdot [\text{AsO}_4^{-3}] = (3x)^3 \cdot x \\ 1,0 \cdot 10^{-22} &= 27x^4 \end{aligned}$$

$$x = \sqrt[4]{\frac{1,0 \cdot 10^{-22}}{27}} = 1,387 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l AsO}_4^{-3}$$

$$a_{\text{AsO}_4^{-3}} = \frac{1,387 \cdot 10^{-6}}{1} \text{ mol/l}$$

$$a_{\text{Ag}^+} = 3 \cdot 1,387 \cdot 10^{-6} = 4,161 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

5-masala

Xrom (III) gidroksidining eruvchanlik ko'paytmasi $6,3 \cdot 10^{-31}$ ga teng. 100 ml to'yingan eritmasidagi xrom (III) va gidroksid-ionlarining gram miqdori hisoblansin.

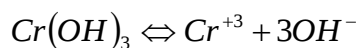
Berilgan: $EK_{\text{Cr(OH)}_3} = 6,3 \cdot 10^{-31}$; $V = 100 \text{ ml}$

Topish kerak:

$$q_{\text{Cr}^{+3}} = ?$$

$$q_{\text{OH}^-} = ?$$

Yechish: Birinchi variant:



$$EK_{\text{Cr(OH)}_3} = [\text{Cr}^{+3}] \cdot [\text{OH}^-]^3$$

$$[\text{Cr}^{+3}] = x$$

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

ga teng deb olsak, u holda

$$EK_{\text{Cr(OH)}_3} = x(3x)^3 \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Eruvchanlik ko'paytmasining son qiymatlarini qo'yib, tenglamani x ga nisbatan echaniz.

$$6,3 \cdot 10^{-31} = 27x^4$$

$$x = \sqrt[4]{\frac{6,3 \cdot 10^{-31}}{27}} = 1,23 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l Cr}^{+3}$$

$$\text{Gidroksid-ionining konsentrasiyasi } [\text{OH}^-] = 1,23 \cdot 10^{-8} \cdot 3 = 3,69 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

1 mol/l Cr^{+3} ioni 1000 ml da 51,996 g bo'lsa,

$1,23 \cdot 10^{-8}$ mol/l Cr^{+3} ioni 1000 ml da x g bo'ladi

$$X = \frac{51,996 \cdot 1,23 \cdot 10^{-8}}{1} = 64 \cdot 10^{-8} \text{ g Cr}^{+3}$$

1000 ml eritmada ——— $64 \cdot 10^{-8} \text{ g Cr}^{+3}$ bo'lsa,

100 ml eritmada ——— Y g Cr^{+3} bo'ladi.

$$Y = \frac{64 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1000} = 6,4 \cdot 10^{-8} \text{ g Cr}^{+3}$$

Xuddi shunday 1 mol/l OH^- ioni 1000 ml da 17 g bo'lsa,

$3,69 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l OH}^-$ ioni 1000 ml da x g bo'ladi

$$X = \frac{17 \cdot 3,69 \cdot 10^{-8}}{1} = 63 \cdot 10^{-8} \text{ g OH}^-$$

1000 ml eritmada ——— $63 \cdot 10^{-8} \text{ g OH}^-$ bo'lsa,

100 ml eritmada ——— Y g OH^- bo'ladi.

$$Y = \frac{63 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1000} = 6,3 \cdot 10^{-8} \text{ g OH}^-$$

Ikkinchi variant Xrom (III) gidroksidining eruvchanligini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz.

$$E_{Cr(OH)_3} = \sqrt[4]{\frac{EK_{Cr(OH)_3}}{1^1 \cdot 3^3}} = \sqrt[4]{\frac{6,3 \cdot 10^{-31}}{27}} = \sqrt[4]{2,3 \cdot 10^{-32}} = 1,23 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

$$[Cr^{+3}] = E_{Cr(OH)_3} = 1,23 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

$$[OH^-]^3 = 3 \cdot E_{Cr(OH)_3} = 1,23 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

Xrom va gidroksid-ionlarini 100 ml eritmada gramm miqdorlari quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$q_{Cr^{+3}} = \frac{[Cr^{+3}] \cdot M_{Cr^{+3}} \cdot V}{1000} = \frac{1,23 \cdot 10^{-8} \cdot 17 \cdot 100}{1000} = 6,3 \cdot 10^{-8} \text{ g}$$

6-masala

Kal'siy sul'fitning 100 g suvda, 20°C haroratdagi eruvchanligi $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ g/l}$ ga teng. Aktivlik koeffisienti hisobga olingan tuzning eruvchanlik ko'paytmasini hisoblansin.

Berilgan: $q = 100 \text{ g}; E_{CaSO_3} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ g}; t = 20^\circ \text{C}$

Topish kerak: $EK_{CaSO_3}^a = ?$

Yechish: $CaSO_3 \rightleftharpoons Ca^{+2} + SO_3^{-2}$

$CaSO_3$ ning mol/l da eruvchanligini quyidagi formula yordamida ifodalaymiz:

$$E_{CaSO_3}^1 = \frac{E_{CaCO_3} \cdot 10}{\text{Mol} \cdot \text{massa}}$$

$CaSO_3$ ning molyar massasi 120,14 ga teng. Bundan,

$$E_{CaSO_3}^1 = \frac{4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{120,14} = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} [Ca^{+2}]_{\beta a} [SO_3^{-2}]$$

ionlariga teng. Eritmaning ion kuchini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{Ca^{+2}} \cdot Z_{Ca^{+2}}^2 + C_{SO_3^{-2}} \cdot Z_{SO_3^{-2}}^2)$$

$$\mu = \frac{1}{2}(3,58 \cdot 10^{-4} \cdot 4 + 3,58 \cdot 10^{-4} \cdot 4) = 0,001432 = 1,432 \cdot 10^{-3}$$

Ca^{+2} va SO_3^{-2} ionlarining zaryadlari bir xil bo'lgani uchun $f_{Ca^{+2}} = f_{SO_3^{-2}}$ ga teng bo'ladi.

$$\lg f = -0,5 \cdot 2^2 \sqrt{1,432 \cdot 10^{-3}} = -0,0758$$

$$f = 0,84$$

$$f_{Ca^{+2}} = f_{SO_3^{-2}} = 0,84$$

Kal'siy sul'fitning eruvchanlik ko'paytmasini quyidagi formula bo'yicha hisoblaymiz:

$$EK_{CaSO_3}^a = [Ca^{+2}] \cdot f_{Ca^{+2}} \cdot [SO_3^{-2}] \cdot f_{SO_3^{-2}}$$

$$EK_{CaSO_3}^a = (3,58 \cdot 10^{-4})^2 \cdot (0,84)^2 = 9,04 \cdot 10^{-8}$$

7-masala

Bariy sul'fat tuzining suvdagi molyar eruvchanligi 0,05 m li natriy sul'fat eritmasidagi molyar eruvchanligidan necha marta yuqori bo'ladi. $EK_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$

Berilgan: $C = 0,05 m Na_2SO_4$; $EK_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$

Topish kerak:

$$\frac{E_1}{E_2} = ?$$

Yechish:

E_1 - $BaSO_4$ ning suvdagi eruvchanligi;

E_2 - $BaSO_4$ ning 0,05 m li Na_2SO_4 eritmasidagi eruvchanligi;

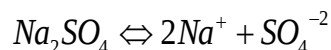


$$E_1 = [Ba^{+2}]_1 = \sqrt{EK_{BaSO_4}} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Natriy sul'fatning 0,05 m li eritmasidagi

$[SO_4^{-2}]$ ionning konsentratsiyasini aniqlaymiz:

Na_2SO_4 suvli eritmada quyidagicha dissosiyalanadi:



$$[SO_4^{-2}] = 0,05 \text{ mol/l.}$$

$[Ba^{+2}]$ ionining konsentratsiyasi 0,05 m Na_2SO_4 eritmada quyidagiga teng bo'ladi.

$$EK_{BaSO_4} = [Ba^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}]$$

$$[Ba^{+2}]_2 = \frac{EK_{BaSO_4}}{[SO_4^{-2}]} = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{5 \cdot 10^{-2}} = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l, demak}$$

$$E_2 = [Ba^{+2}]_2 = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{1,05 \cdot 10^{-5}}{2,2 \cdot 10^{-9}} = 4772.$$

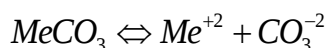
8-masala

Ba^{+2} , Sr^{+2} va Ca^{+2} ionlarining konsentrasiyalari 0,5 m bo'lgan eritmalaridan bir xil miqdorda olingan aralashmaga soda eritmasidan birday qo'shib borilganda ionlar qanday ketma-ketlikda va karbonat-ionining qanday konsentrasiyalarda cho'ka boshlaydi?

Berilgan: $C = 0,5m$ (bariy, kal'siy va stronsiy tuzlari)

Topish kerak: $[CO_3^{-2}] = ?$

Yechish: bariy, kal'siy va stronsiy karbonatlar suvli eritmada quyidagicha dissosialanadi:



Bu yerda $Me - Ba^{+2}$, Cr^{+2} , Ca^{+2}

Masalaning shartiga ko'ra, $[Ba^{+2}] = [Cr^{+2}] = [Ca^{+2}] = 0,5 \text{ mol/l}$

8-jadvaldan bariy, stronsiy va kal'siy karbonatlarning eruvchanlik ko'paytmalarini aniqlaymiz:

$$EK_{BaCO_3} = [Ba^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}] = 5,1 \cdot 10^{-9}$$

$$EK_{SrCO_3} = [Sr^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}] = 1,1 \cdot 10^{-10}$$

$$EK_{CaCO_3} = [Ca^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}] = 4,8 \cdot 10^{-9}$$

Bariy, stronsiy va kal'siy karbonat tuzlaridagi karbonat ionining konsentrasiyalarini umumiy formula yordamida aniqlaymiz:

$$[CO_3^{-2}] = \frac{EK}{[Me^{+2}]}$$

Topilgan son qiymatlarini formulaga qo'yib, har bir tuzdagi karbonat-ionlarining konsentrasiyalarini hisoblaymiz:

$$[CO_3^{-2}]_{BaCO_3} = \frac{5,1 \cdot 10^{-9}}{0,5} = 1,02 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

$$[CO_3^{-2}]_{CaCO_3} = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{0,5} = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$[CO_3^{-2}]_{SrCO_3} = \frac{4,8 \cdot 10^{-9}}{0,5} = 9,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l}$$

Topilgan konsentrasiyalardan shuni xulosa qilish mumkinki, birinchi bo'lib stronsiy karbonat cho'ka boshlaydi, chunki uning cho'kish uchun karbonat ionining

minimal konsentrasiyasi ($2,2 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$) etarlik hisoblanadi, ikkinchi bo'lib kal'siy karbonati, uchinchi bo'lib bariy karbonati cho'ka boshlaydi.

9-masala

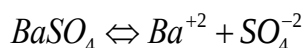
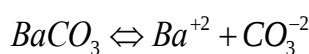
Karbonat anionining qanday konsentrasiyasida bariy sul'fat cho'kmasi bariy karbonat cho'kmasiga aylanishi mumkin?

Berilgan: $EK_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$; $EK_{BaCO_3} = 5,1 \cdot 10^{-9}$

Topish kerak: $[CO_3^{-2}] = ?$, $[SO_4^{-2}] = ?$, $\left[\frac{CO_3^{-2}}{SO_4^{-2}} \right] = ?$

Yechish:

$BaCO_3$ va $BaSO_4$ larning ionlanish reaksiyalarini yozamiz:



Karbonat va sul'fat anionlarining konsentrasiyalarini eruvchanlik ko'paytmalari orqali aniqlaymiz. Ionlanish reaksiyalariga binoan:

$[Ba^{+2}] = [CO_3^{-2}]$ va $[Ba^{+2}] = [SO_4^{-2}]$ larga teng.

Shundan kelib chiqib:

$$[CO_3^{-2}] = \sqrt{EK_{BaCO_3}} = \sqrt{5,1 \cdot 10^{-9}} = 7,14 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$[SO_4^{-2}] = \sqrt{EK_{BaSO_4}} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$BaSO_4$ ning $BaCO_3$ ga aylanishi uchun karbonat anioni sul'fat anionidan necha marta katta bo'lishini aniqlaymiz:

$$\frac{[CO_3^{-2}]}{[SO_4^{-2}]} = \frac{5,1 \cdot 10^{-9}}{1,1 \cdot 10^{-10}} = 46,36 \text{ marta}$$

Demak, karbonat anionining konsentrasiyasi sul'fat anionining konsentrasiyasidan 46,36 marta katta bo'lishi uchun sodaning konsentrasiyasi $1,05 \cdot 10^{-5} \cdot 46,36 = 4,87 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ ga teng bo'lishi kerak.

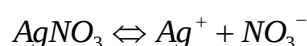
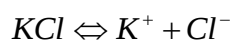
10-masala

KCl ning 0,01 m li eritmasiga, kumush nitratning 0,001 m li eritmasi bir xil hajmda qo'shilsa, kumush xlorid cho'kmasi hosil bo'ladimi? $EK_{AgCl} = 1,78 \cdot 10^{-10}$

Berilgan: $C_1 = 0,01 \text{ mKCl}$; $C_2 = 0,001 \text{ mAgNO}_3$; $EK_{AgCl} = 1,78 \cdot 10^{-10}$

Topish kerak: $[Ag^+] \cdot [Cl^-] \geq EK_{AgCl} = ?$

Yechish:



KCl va $AgNO_3$ eritmalari bir xil hajmda qo'shilganda umumiy hajmi 2 marta oshadi, demak ularning konsentrsiyalari 2 marta kamayadi.

Shundan kelib chiqib, $[Ag^+]$ va $[Cl^-]$ ionlarining konsentrsiyalari: $[Ag^+] = 0,0005 \text{ mol/l}$ va $[Cl^-] = 0,005 \text{ mol/l}$ ga teng bo'ladi. $[Ag^+]$ va $[Cl^-]$ ionlarining konsentrsiyalari quyidagiga teng bo'ladi:

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = 0,0005 \cdot 0,005 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ ga teng.}$$

Demak, $2,5 \cdot 10^{-6} > 1,78 \cdot 10^{-10}$ bo'lgani uchun eritma o'ta to'yingan bo'lib, $AgCl$ cho'kmaga tushadi.

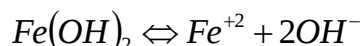
11-masala

Temir (II) tuzining 0,1 m li eritmasidan temir (II) ionlari qanday pH kattalikda temir gidroksid ko'rinishda cho'kmaga tusha boshlaydi va qanday pH kattalikda amaliy jihatdan to'liq cho'kkan hisoblanadi? $EK_{Fe(OH)_2} = 7,94 \cdot 10^{-16}$

Berilgan: $C = 0,1 \text{ m}$ temir (II); $EK_{Fe(OH)_2} = 7,94 \cdot 10^{-16}$

Topish kerak: $pH_{bosh} = ?$; $pH_{oxirgi} = ?$

Yechish:



Temir (II) gidroksidning qanday pH kattaligida cho'kmaga tusha boshlashini, uning eruvchanlik ko'paytmasi formulasidan foydalanib hisoblaymiz:

$$EK_{Fe(OH)_2} = [Fe^{+2}] \cdot [OH^-]^2 \text{ bundan}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{EK_{Fe(OH)_2}}{[Fe^{+2}]}} = \sqrt{\frac{7,94 \cdot 10^{-16}}{0,1}} = 8,91 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

$$pOH = -\lg 8,91 \cdot 10^{-8} = -(\lg 8,91 + \lg 10^{-8}) = -(0,9499 - 8) = 7,05$$

bundan

$$pH = 14 - pOH = 14 - 7,05 = 6,95$$

$[Fe^{+2}]$ ionlari gidroksid ko'rinishda to'liq cho'kish uchun $[Fe^{+2}]$ ning konsentrsiyasi $10^{-6} - 10^{-7} \text{ mol/l}$ gacha kamayishi kerak. Shundan kelib chiqib, pH oxirgi kattalikni hisoblaymiz:

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{7,94 \cdot 10^{-16}}{1 \cdot 10^{-7}}} = 8,91 \cdot 10^{-4}$$

$$pOH = -\lg 8,91 \cdot 10^{-4} = -(\lg 8,91 + \lg 10^{-4}) = -(0,95 - 4) = 3,05$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 3,05 = 10,95$$

Shunday qilib, temir (II) tuzining 0,1 m li eritmasidan temir (II) ioni gidroksid koʻrinishda $pH=7,05$ kattalikda choʻkmaga tusha boshlaydi, $pH=10,95$ kattalikka etganda amaliy jihatdan toʻliq choʻkkan hisoblanadi.

12-masala

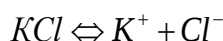
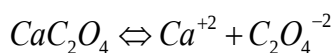
CaC_2O_4 ning eruvchanligiga 0,1 m li KCl eritmasi qanday taʼsir koʻrsatadi?

Berilgan: $EK_{CaC_2O_4} = 2,6 \cdot 10^{-9}$; $C = 0,1m$ KCl eritmasi

Topish kerak: $E_2 = ?$; $E_1 = ?$; $\frac{E_1}{E_2} = ?$

Yechish: E_1 - CaC_2O_4 ning eruvchanligi;

E_2 - CaC_2O_4 ning 0,1 m li KCl eritmasidagi eruvchanligi



CaC_2O_4 ning eruvchanlik koʻpaytmasini quyidagi formula orqali hisoblaymiz:

$$EK_{CaC_2O_4} = [Ca^{+2}] \cdot [C_2O_4^{-2}]$$

$$[Ca^{+2}] = [C_2O_4^{-2}] = x$$

$$E_1 = \sqrt{EK_{CaC_2O_4}} = \sqrt{2,6 \cdot 10^{-9}} = 5,099 \cdot 10^{-5} \text{ demak}$$

$$E_1 = [Ca^{+2}] = [C_2O_4^{-2}] = 5,099 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Bu CaC_2O_4 ning eruvchanligi, yaʼni $E_1 = 5,099 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$

CaC_2O_4 choʻkmaga KCl eritmasi kiritilganda tuz effekti hodisasiga binoan eritmaning ion kuchi ortadi, bu esa aktivlik koeffisientini kamayishiga, choʻkmaning eruvchanligini oshishiga olib keladi (toza suvga nisbatan).

$$[Ca^{+2}] \cdot [C_2O_4^{-2}] = \frac{EK_{CaC_2O_4}}{f_{Ca^{+2}} \cdot f_{C_2O_4^{-2}}}$$

0,1 m li KCl eritmasining ion kuchini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{K^+} \cdot Z_{K^+}^2 + C_{Cl^-} \cdot Z_{Cl^-}^2)$$

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

5-jadvaldan $\mu=0,1$ ion kuchiga toʻgʻri kelgan $f_{Ca^{+2}}$ va $f_{C_2O_4^{-2}}$ aktivlik koefisientlarining qiymatlarini toramiz:

$$E_2 = \sqrt{\frac{EK_{CaC_2O_4}}{f_{Ca^{+2}} \cdot f_{C_2O_4^{-2}}}} = \sqrt{\frac{2,6 \cdot 10^{-9}}{0,33 \cdot 0,33}} = 1,54 \cdot 10^{-4}$$

Ya'ni $[Ca^{+2}] = [C_2O_4^{-2}] = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$. Demak,

$$E_2 = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

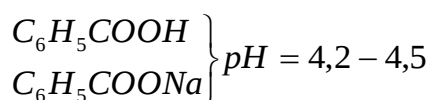
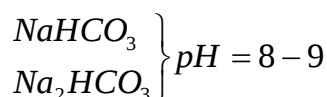
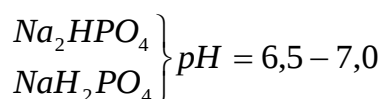
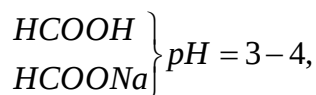
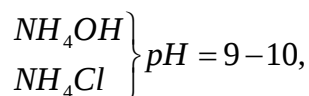
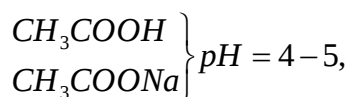
$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1,54 \cdot 10^{-4}}{5,10 \cdot 10^{-4}} = 3,02 \text{ marta}$$

Demak, kal'siy oksalatning eruvchanligi 0,1 m KCl eritmasida toza suvga nisbatan 3,02 marta ortar ekan.

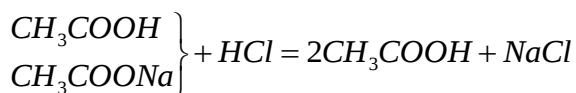
VII - bob. Bufer aralashmalar.

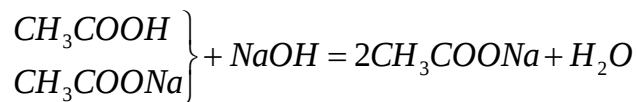
Bufer aralashmalarning pH ini hisoblash

Agar toza suvga kuchli kislota yoki kuchli ishqordan oz miqdorda qo'shilsa, suvning pHi keskin o'zgaradi. Xuddi shunday kuchli kislota va kuchli ishqorning suyultirilgan eritmalariga kuchli kislota va kuchli ishqordan oz miqdorda qo'shilganda ham eritma pHi keskin o'zgaradi. Kuchsiz kislota yoki kuchsiz asoslarning konsentrlangan eritmalariga kuchli kislota yoki kuchli asoslardan oz miqdorda qo'shilsa ham eritma pHi keskin o'zgaradi. Lekin kuchsiz kislota va uning tuzidan iborat aralashmalargsha kuchli kislota va kuchli asos eritmalaridan oz miqdorda qo'shilsa, aralashmalarning pHi deyarli o'zgarmaydi. Bunday aralashmalarni regulyator yoki bufer aralashmalar deyiladi. Bufer aralashmalarga misol qilib quyidagilarni olish mumkin:



Bufer aralashmalar pH ining o'zgaraslik sababi, qo'shilgan kuchli kislota yoki kuchli ishqorlar neytrallanib, kuchsiz elektrolitga aylanishidir. Masalan:



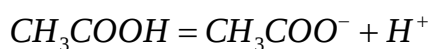


7.1. Bufer aralshmalarining pH ini hisoblash formulalari:

1. Kuchsiz kislota va uning tuzidan hosil bo'lgan bufer aralashmaning pH ini hisoblash:

Misol: $\left\{ \begin{array}{l} CH_3COOH - \text{kuchsiz elektrolit} \\ CH_3COONa - \text{kuchli elektrolit} \end{array} \right.$

CH_3COOH kuchsiz elektrolit bo'lgani uchun massalar ta'sirni qonuniga bo'ysunadi va ionlanish konstantasi quyidagicha ifodalanadi:



$$K_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]} \text{ bundan}$$

$$[H^+] = K_{CH_3COOH} \cdot \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \text{ gateng}$$

Bu tenglamadan $[CH_3COOH]$ va $[CH_3COO^-]$ larning muvozanat konsentrsiyalarini taxminan boshlang'ich konsentrsiyalariga teng deb olsak, ya'ni

$$[CH_3COOH] \approx C_{CH_3COOH} \text{ va } [CH_3COO^-] \approx C_{CH_3COONa} \text{ u holda,}$$

$$[H^+] = K_{CH_3COOH} \cdot \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{C_{kislota}}{C_{tuz}}$$

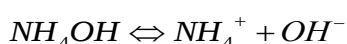
Bu tenglamani logarifmlasak: $-\lg [H^+] = -\lg K_{CH_3COOH} - \lg \frac{C_{\kappa-ma}}{C_{my3}}$ bundan

$$pH = pK_{CH_3COOH} - \lg \frac{C_{\kappa-ma}}{C_{my3}}$$

2. Kuchsiz asos va uning tuzidan hosil bo'lgan aralashmaning pH ini hisoblash:

Misol:

$\left\{ \begin{array}{l} NH_4OH - \text{kuchsiz asos} \\ NH_4Cl - \text{kuchli elektrolit} \end{array} \right.$



Massalar ta'siri qonuniga asosan:

$$K_{NH_4OH} = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4OH]} \text{ bundan}$$

$$[OH^-] = K_{NH_4OH} \cdot \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]}$$

Bu tenglamadagi $[NH_4OH]$ va $[NH_4^+]$ muvozanat konsentrasiyalarini quyidagiga teng deb olsak, $[NH_4OH] \approx C_{NH_4OH}$ va $[NH_4^+] \approx C_{NH_4Cl}$, u holda $[OH^-] = K_{NH_4OH} \cdot \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$ bu tenglamani logariflasak, $-\lg[OH^-] = -\lg K_{NH_4OH} - \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$ yoki $pOH = pK_{NH_4OH} - \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$ lekin, $pH = 14 - pOH = 14 - pK_{NH_4OH} + \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$

7.2. Bufer sig'ım

Bufer aralashmaning pH ini ko'pi bilan birlikka o'zgartira oladigan kuchli kislota yoki ishqorning miqdoriga bufer sig'ım deyiladi va mol`/l larda ifodalanadi. Bufer aralashmalarning sig'ımını quyidagi formulalar yordamida hisoblash mumkin:

$$1) \quad \beta = \frac{\Delta B}{\Delta pH} \text{ yoki } \beta = \frac{B}{pH}, \text{ mol`/l}$$

bu yerda, ΔB - bufer aralashmaga kislota yoki ishqor konsentrasiyalarining kamayishi,

ΔpH - kislota yoki ishqor qo'shilgandan so'ng bufer aralashma pH ining o'zgarishi,

B - bufer aralashmaga qo'shiladigan kislota yoki ishqorning konsentrasiyasi, pH - bufer aralashmaning pH i.

$$2) \quad \beta = 2,3 \cdot \frac{C_A \cdot C_B}{C_A + C_B}; \text{ mol`/l}$$

Bu yerda, C_A va C_B lar bufer aralashma komponentlarining konsentrasiyalari.

7.3. Bufer aralashmalarning pH ini hisoblashga oid namunaviy masalalar

1-masala

0,01 mol`/l sirka kislota va 0,5 mol`/l natriy asetatdan iborat bufer aralashmaning pH i hisoblansin.

Berilgan:

$C_{k-ta} = 0,01 \text{ mol`/l}$

$C_{tuz} = 0,5 \text{ mol`/l}$

Topish kerak: pH = ?

Yechish: Bunday aralashmaning pHi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$pH = pK_{k-ma} - \lg \frac{C_{k-ma}}{C_{myz}}$$

6-jadvaldan foydalanib K_{CH_3COOH} ning qiymatini topib,

$$pK_{CH_3COOH} - \lg K_{CH_3COOH} = -\lg 1,75 \cdot 10^{-5} = 4,75$$

$$pH = 4,75 - \lg \frac{0,01}{0,5} = 4,75 - \lg 2,0 \cdot 10^{-2} = 4,75 - (\lg 2,0 + \lg 10^{-2}) = 4,75 - (0,3010 - 2) = 4,75 + 1,699 = 6,45$$

2-masala

0,01 m li sirka kislota eritmasidagi natriy asetatning konsentrasiyasi nechaga teng bo'lishi kerak, vodorod ionining muvozanat konsentrasiyasi $[H^+] = 10^{-5} \text{ mol/l}$ ga teng bo'lishi uchun.

Berilgan:

$$C_{CH_3COOH} = 0,01 \text{ m}$$

$$[H^+] = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Topish kerak: $C_{CH_3COONa} = ?$

Yechish: Masalaning shartidan kelib chiqib, vodorod ionining muvozanat konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[H^+] = K_{k-ta} \cdot \frac{C_{k-ta}}{C_{tuz}}$$

Bu tenglamadan tuzning konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$C_{tuz_{myz}} = \frac{K_{k-ta} \cdot C_{k-ta}}{[H^+]} = \frac{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01}{1 \cdot 10^{-5}} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

3-masala

25 ml 0,03 m ftorid kislota eritmasiga 40 ml 0,2 m kaliy ftorid eritmasi qo'shilsa, aralashmadagi vodorod ionining konsentrasiyasi va pH i hisoblansin.

Berilgan:

$$V_1 = 25 \text{ ml}$$

$$C_1 = 0,03 \text{ m } HF$$

$$V_2 = 40 \text{ ml}$$

$$C_2 = 0,2 \text{ m } KF$$

Topish kerak: $[H^+] = ?$ $pH = ?$

Yechish:

$$[H^+] = K_{k-ta} \cdot \frac{C_{k-ta}}{C_{tuz}}$$

bundan

$$pH = pK_{k-ta} - \lg \frac{C_{k-ta}}{C_{tuz}}$$

Ftorid kislota va kaliy ftorid tuzlari bir-biriga qo'shilgandan so'ng konsentrasiyalari quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\frac{V_1}{V_{um}} = \frac{C_{um}}{C_1}$$

$$V_{um} = V_1 + V_2 = 65ml$$

$$C_{um} = \frac{V_1 \cdot C_1}{V_{um}} = \frac{25 \cdot 0,03}{65} = 0,012mHF$$

Shuningdek,

$$\frac{V_2}{V_{um}} = \frac{C_{um}}{C_2}$$

$$C_{um} = \frac{V_2 \cdot C_2}{V_{um}} = \frac{40 \cdot 0,2}{65} = 0,123mKF$$

6-jadvaldan K_{NF} va pK qiymatlarni topamiz:

$$K_{HF} = 6,5 \cdot 10^{-4}$$

$$pK = 3,19$$

$$[H^+] = K_{k-ta} \cdot \frac{C_{k-ta}}{C_{tuz}} = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,012}{0,123} = 6,4 \cdot 10^{-5} mol/l$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 6,4 \cdot 10^{-5} = -(\lg 6,4 + \lg 10^{-5}) = -(0,8062 - 5) = 4,2$$

4-masala

Konsentrasiyalari 0,1 mol` ammoniy gidroksid va 0,01 mol` ammoniy xloriddan iborat bufer aralashmaning pHi va pOHi hisoblansin.

Berilgan:

$$C_2 = 0,01mol/NH_4Cl$$

$$C_1 = 0,1mol/NH_4OH$$

Topish kerak: $pOH = ?$ $pH = ?$

Yechish:

Bufer eritmaning pOHi quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$pOH = pK_{NH_4OH} - \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$$

$$pK_{NH_4OH} = 4,76$$

$$pOH = 4,76 - \lg \frac{0,1}{0,01} = 4,76 - \lg 10 = 4,76 - 1 = 3,76$$

bundan

$$pH = 14 - pOH = 14 - 3,76 = 10,24$$

5-masala

Bufer aralashma digidrofosfat va gidrofosfatlardan tashkil topgan. Shu tuzlarga tegishli kislotaning ionlanish konstantasi $K_{H_3PO_4}^2 = 6,17 \cdot 10^{-8}$ gateng

Agar $C_{k-ta} : C_{tuz} = 10 : 0,1$ nisbatlarda o'zgarsa, bufer aralashmaning samarali pH oralig'i hisoblansin.

Berilgan:

$$K_{H_3PO_4}^2 = 6,17 \cdot 10^{-8}$$

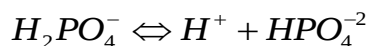
$$C_{k-ta}^1 : C_{tuz}^1 = 10$$

$$C_{k-ta}^2 : C_{tuz}^2 = 0,1 \quad ,$$

Topish kerak: $pH_1 = ?$ $pH_2 = ?$

Yechish:

Fosfat kislotaning 2-bosqich ionlanish reaksiyasini yozamiz:



2-bosqich ionlanish reaksiyasining ionlanish konstantasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$K_{H_2PO_4^-}^2 = \frac{[H^+] \cdot [HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$$

$$[H^+]_1 = K_{H_2PO_4^-}^2 \cdot \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = K_{H_2PO_4^-}^2 \cdot \frac{C_{k-ta}}{C_{tuz}}$$

$$[H^+]_1 = 6,17 \cdot 10^{-8} \cdot 10 = 6,17 \cdot 10^{-7}$$

$$pH_1 = -\lg[H^+]_1 = -\lg 6,17 \cdot 10^{-7} = -(\lg 6,17 + \lg 10^{-7}) = -(0,79 - 7) = 6,21$$

$$[H^+]_2 = 6,17 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1 = 6,17 \cdot 10^{-9}$$

$$pH_2 = -\lg[H^+]_2 = -\lg 6,17 \cdot 10^{-9} = -(\lg 6,17 + \lg 10^{-9}) = -(0,79 - 9) = 8,21$$

Demak, fosfatli bufer aralashmaning samarali pH oralig'i 6,21-8,21 ga teng.

6-masala

Eritmaning pH'i 4 ga teng bo'lishi uchun 0,5 l 1 n li sirka kislotaga necha gramm natriy asetat tuzidan qo'shish kerak? Sirka kislotaning ionlanish konstantasi $K_{CH_3COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ gateng.

Tuzning ionlanish darajasi 1 ga teng.

Berilgan:

$$K_{CH_3COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$V = 0,5 \text{ l } CH_3COOH$$

$$C = 1 \text{ n } CH_3COOH$$

$$pH = 4$$

$$\alpha = 1$$

Topish kerak: $m_{CH_3COONa} = ?$

Yechish:

$$pH = -\lg[H^+] = 4 = -\lg[H^+]$$

yoki

$$[H^+] = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Sirka kislotaning natriy tuzini C_{CH_3COONa} deb belgilaymiz. U holda quyidagi formuladan C_{CH_3COONa} tuzining konsentrasiyasini aniqlaymiz:

$$[H^+] = K_{CH_3COOH} \cdot \frac{C_{CH_3COOH}}{C_{CH_3COONa}}$$

$$C_{CH_3COONa} = \frac{K_{CH_3COOH} \cdot C_{CH_3COOH}}{[H^+]} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1}{1 \cdot 10^{-4}} = 0,18 \text{ mol/l}$$

$$m_{CH_3COONa} = \frac{M \cdot C \cdot V}{1000} = \frac{0,18 \cdot 82 \cdot 500}{1000} = 7,38 \text{ g } CH_3COONa$$

Demak, 0,5 l CH_3COOH ga 7,38 g suvsiz CH_3COONa tuzidan qo'shish kerak.

7-masala

Bufer aralashmaning pHini 1 birlikka o'zgartirish uchun 10 ml asetatli bufer aralashmaga 0,52 ml 1 n li ishqor eritmasi qo'shildi. Shu aralashmani bufer sig'imi topilsin.

Berilgan:

$$\Delta pH = 1$$

$$V_1 = 10 \text{ ml (asetatli bufer)}$$

$$V_2 = 0,52 \text{ ml ishqor}$$

$$C_2 = 1 \text{ n (ishqor)}$$

Topish kerak: $\beta(\text{bufersigim}) = ?$

Yechish: Bufer sig'imni quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta = \frac{C_1}{\Delta pH}$$

Bu yerda, C_1 - ishqorning aralashmaga qo'shilgandan keyingi miqdori, mol/l.

Masalaning shartidan kelib chiqib, aralashmaga 1 n ishqor qo'shilgandan so'ng, uning konsentrasiyasi (C_1) qanachaga o'zgarganligini bilish uchun proporsiya tuzamiz:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

Son qiymatlarni qo'yib, C_1 ni hisoblaymiz:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{10}{0,52}$$

Bundan

$$C_1 = \frac{1 \cdot 0,52}{10} = 0,052n = 0,052mol/l$$

Shundan so'ng, aralashmaning bufer sig'imini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\beta = \frac{C_1}{\Delta pH} = \frac{0,052}{1} = 0,052mol/l$$

8-masala

Konsentrasiyalari 0,1 m sirka kislota va 0,1 m natriy asetatdan iborat aralashmaning bufer sig'imi hisoblansin.

Berilgan:

$$C_A = 0,1mCH_3COOH$$

$$C_B = 0,1mCH_3COONa$$

Topish kerak: $\beta = ?$

Yechish: Asetatli bufer aralashmaning bufer sig'imini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\beta = 2,3 \cdot \frac{C_A \cdot C_B}{C_A + C_B} = 2,3 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,1}{0,1 + 0,1} = 0,115mol/l$$

9-masala

Konsentrasiyalari 0,1 n ga teng bo'lgan ammoniy gidroksid va ammoniy xlorid eritmalaridan 1:9 nisbatda olib, sirka kislota va 0,1 m natriy asetatdan iborat aralashmaning bufer aralashma tayyorlangan. Shu aralashmaning pHi hisoblansin.

$$K_{NH_4OH} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ gateng}$$

Tuz to'liq dissosiyalangan deb hisoblansin.

Berilgan:

$$C_1 = 0,1n$$

$$C_2 = 0,1n$$

$$C_1 : C_2 = NH_4OH$$

$$K_{NH_4OH} = 5$$

$$\alpha = 1$$

Topish kerak: $pH = ?$

Yechish: NH_4ON va NH_4Cl larning 1:9 nisbatda qo'shilgandan keyin ularning o'zgargan konsentrsiyalarini hisoblaymiz:

$$X_1 = \frac{0,1 \cdot 1}{10} = 0,01nNH_4OH$$

$$X_2 = \frac{0,1 \cdot 9}{10} = 0,09 n NH_4Cl$$

Ammoniyli bufer aralashmaning pH qiymatini quyidagi tenglama bo'yicha hisoblaymiz:

$$pH = 14 - pK_{NH_4OH} + \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$$

$$pH = 14 - (5 + 0,2553) + \lg \frac{0,01}{0,09} = 4,76 - \lg 10 = 14 - 4,7447 - 0,9547 = 8,3006$$

10-masala

Bufer aralashmaning $pH \approx 9,0$ ga teng bo'lishi uchun $\begin{cases} CH_3COOH \\ CH_3COONa \end{cases}$ va $\begin{cases} NH_4OH \\ NH_4Cl \end{cases}$

lardan iborat qaysi aralashmadan tayyorlash mumkin. Tuz to'liq dissosiyalangan deb hisoblansin.

Berilgan:

$pH = 9,0$ CH_3COOH va CH_3COONa , NH_4OH va NH_4Cl

Topish kerak: $pH_1 = ?$
 $pH_2 = ?$

Yechish: asetatli bufer aralashmaning pH ini pH_1 deb hisoblasak, u holda ammiakli bufer aralashmaning pH ini pH_2 deb belgilaymiz:

$$\text{Agar } \begin{cases} [CH_3COOH] = [CH_3COONa] \\ [NH_4OH] = [NH_4Cl] \end{cases} \text{ va}$$

ga teng deb olsak, u holda pH_1 va pH_2 lari ham o'zaro teng bo'ladi:

$$pH_1 = pK_{CH_3COOH} - \lg \frac{C_{CH_3COOH}}{C_{CH_3COONa}} = pK_{CH_3COOH} - \lg 1 = pK_{CH_3COOH}$$

$$pH_2 = 14 - pK_{NH_4OH} + \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}} = 14 - K_{NH_4OH} + \lg 1 = 14 - pK_{NH_4OH}$$

$$pK_{CH_3COOH} = 4,75$$

$$pK_{NH_4OH} = 4,76$$

$$pH_1 = 4,75$$

$$pH_2 = 14 - 4,76 = 9,24$$

Demak, bufer aralashmaning $pH \approx 9$ bo'lishi uchun ammiakli bufer aralashmani

ishlatish mumkin. Ammiakli bufer aralashmaning $pH \approx 9,24$ ga teng.

VIII - bob. Kompleks birikmalar.

8.1. Kompleks ionlarning dissosiasiyasi va beqarorlik konstantasi

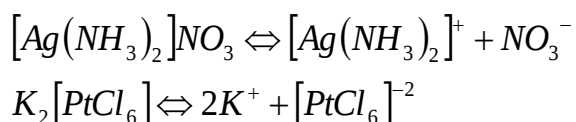
Sifat va miqdor tahlillarda kompleks birikmalardan keng foydalaniladi. Masalan, metall ionlarini choʻkma koʻrinishida kompleks birikma hosil qilib ochishda (K^+ kationini $K_3[Co(NO_2)_6]$ koʻrinishda, Fe^{+3} kationini $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$, Cu^{+2} kationini $Cu_2[Fe(SN)_6]$ koʻrinishda va hokazo yoki bu ionlarni rangli eruvchan kompleks birikmalarga oʻtkazishda: $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$, $[Ni(NH_3)_4]^{+2}$, $Fe(CNS)_3$ va hokazo. Shuningdek, halaqit etuvchi ionlarni niqoblashda ayniqsa, choʻkmalarni eritish uchun kompleks hosil qilish reaksiyalaridan samarali va tez-tez foydalaniladi. Masalan, $AgCl$ kislotalarda ham, ishqorlarda ham erimaydi, lekin ammiak taʼsirida kompleks birikma hosil qilib $[Ag(NH_3)_2]Cl$ eriydi, shuningdek, $Co(II)$, $Ni(II)$, $Cu(II)$ va hokazolarning gidroksidlari ham xuddi shunday eriydi. Ayrim xollarda kompleks hosil qilish bilan muhitni kislotaliligini yoki ionlarning oksidlanish-qaytarilish funksiyalarini oʻzgartirish mumkin. Simob sulʼfidini eritish uchun bir vaqtda kuchli oksidlovchi (azot kislotasi) va kompleks hosil qilish reagentlaridan (xlorid kislotasi) foydalaniladi:



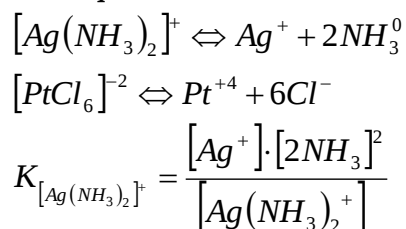
Kompleks hosil qilish eritmalarda odatda yuqori tezlikda muvozanatga erishishi bilan xarakterlanadi. Kompleks hosil qilish reaksiyalarida koʻpincha yuqori molekula massali birikmalar hosil boʻladi, bu esa oʻz navbatida elementlarning kichik miqdorini aniqlashga imkon beradi.

Kompleks birikmalar - bu aniq molekulali birikma boʻlib, kristallarda ham, eritmalarda ham musbat yoki manfiy zaryadli murakkab ionlardan tashkil topgan birikmalardir.

Kompleks birikmalar suvli eritmalarda dinamik muvozanatda mavjud boʻladi. Kompleks birikmalar suvli eritmalarda kuchli elektrolit kabi dissosiyalanib, kompleks ion bilan tashqi koordinatision sferali ionlardan iborat boʻladi:



Kompleks ionlar suvli eritmalarda murakkab sistema kabi ikkilamchi ionlanadi va kuchsiz elektrolit kabi massalar taʼsiri qonuni asosida ionlarga parchalanadi:



$$K_{[PtCl_6]^{-2}} = \frac{[Pt^{+4}] \cdot [Cl^-]^6}{[PtCl_6^{-2}]}$$

bu yerda,

$$K_{[Ag(NH_3)_2]^+}, K_{[PtCl_6]^{-2}}$$

kompleks ionlarning beqarorlik konstantalari. Ular kompleksning qarorligini xarakterlaydi, uning tarkibiy qismlarga ionlanish qobiliyatini ko'rsatadi.

Termodinamik beqarorlik konstantasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

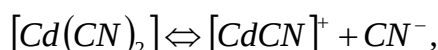
$$K^a_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{a_{Ag^+} \cdot a_{NH_3}^2}{a_{[Ag(NH_3)_2]^+}}$$

Agar kompleks ionlar bosqichli ionlansa, oraliq reaksiyalarning muvozanat konstantalari bosqichli beqarorlik konstantalari deb ataladi.

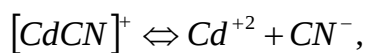
Masalan:



$$K_1 = 4,8 \cdot 10^{-5}$$



$$K_2 = 3,8 \cdot 10^{-5}$$



$$K_3 = 6,6 \cdot 10^{-6}$$

$$K_{ym} = K_1 K_2 K_3 \dots K_n$$

Beqarorlik konstantasiga teskari bo'lgan kattalikka qarorli umumiy konstanta deyiladi:

$$K_{qaror} = \frac{1}{K_{beqaror}}$$

Har xil komplekslarning beqarorlik konstantalari orqali eritmadagi kompleks birikma tarkibidagi oddiy ionlarning konsentrasiyalarini hisoblash mumkin yoki aksincha, kompleks birikma tarkibidagi ionlarning umumiy va muvozanat konsentrasiyalari orqali komplekslanganligini (F) aniqlash mumkin (yoki eritmadagi tuzning umumiy konsentrasiyasini muvozanat konsentrasiyasiga bo'lgan nisbatlarga aytiladi:

$$F = \frac{C_{um}}{M} \text{ yoki}$$

$$f = 1 + \beta_1[h] + \beta_2[h]^2 + \dots + \beta_n[h]^n$$

bu yerda, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ -oraliq komplekslarning qarorli konstantalari.

Choʻktirish reaksiyalarda kompleks tuzlarning kompleks hosil qilish qobiliyatlari ularning beqarorlik konstanta va eruvchanlik koʻpaytmalarining nisbatlari bilan aniqlanadi. Kam eruvchan tuzlarning eruvchanligi ularning metall ionlari bogʻlanib, kompleks birikma hosil boʻlishi hisobiga ortadi (VI bobda qayd etilgan). Kam eruvchan tuzlarning eruvchanlik koʻpaytmalari qancha katta boʻlib, metall ionlarining hosil qilgan kompleks birikmalarini beqarorlik konstantalir qancha kichik boʻlsa, kam eruvchan tuzlarning eruvchanliklari shuncha katta boʻladi. Sifat tahlilning amaliyotida halaqit etuvchi ionlarni tahlil qilinayotgan aralashmadan ajratmasdan, balki ularni mustahkam kompleks hosil qilib bogʻlanadi. Bunday usulga “Niqoblash” deb nom berilgan. Niqoblash reaksiyalarda niqoblanuvchi ion bilan niqoblovchi reagentlarning nisbiy konsentrasiyalari katta ahamiyatga egadir. Niqoblangan ion kompleksining qarorligi, uning beqarorlik konstantasini eruvchanlik koʻpaytmasiga boʻlgan nisbatlari orqali belgilanadi. Choʻkmaning eruvchanlik koʻpaytmasi qanchalik kichik boʻlsa, uni eritish uchun niqoblovchi reagentni topish Shunchalik qiyin boʻladi.

Kompleks birikmalarning asosiy nazariyalari bilan namunaviy masalalar yordamida tanishib chiqamiz.

8.2. Kompleks birikmalarga oid namunaviy masalalar

1-masala

Tetraamin-mis (II) sulʼfatning 0,1 m li eritmasidagi kompleks hosil qiluvchi mis (II) va ammiakning muvozanat konsentrasiyasini hisoblang.

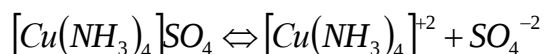
Berilgan: $C = 0,1m[Cu(NH_3)_4]SO_4$

Topish kerak:

$$[Cu^{+2}] = ?$$

$$[NH_3] = ?$$

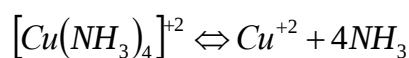
Yechish: Tetraamin mis (II) sulʼfat kompleks birikmasi bosqichli ionlanadi. Birinchi bosqich boʻyicha u kuchli elektrolit kabi ionlanadi:



Ionlanish reaksiyasidan koʻrinib turibdiki, ionlarning muvozanat konsentrasiyalari kompleks birikmaning konsentrasiyasiga tengdir:

$$[Cu(NH_3)_4]^{+2} = [SO_4^{-2}] = 0,1mol/l$$

Soʻngra hosil boʻlgan kompleksion ion kuchsiz elektrolit kabi ionlarga ajraladi:



Kompleks ionning bu bosqichdagi ionlanish reaksiyasi oʻzining beqarorlik konstanta qiymatiga egadir:

$$K_{[Cu(NH_3)_4]^{+2}} \Leftrightarrow \frac{[Cu^{+2}] \cdot [NH_3]^4}{[Cu(NH_3)_4]^{+2}}$$

Agar kompleks hosil qiluvchi mis (II) ning muvozanat konsentrasiyasini x ga teng deb olsak, u holda $[NH_3]^4$ ning muvozanat konsentrasiyasi $4x$ ga teng bo'ladi.

$$(K_{bekaror} = 9,33 \cdot 10^{-13})$$

$$9,33 \cdot 10^{-13} = \frac{x \cdot (4x)^4}{0,1}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{9,33 \cdot 10^{-14}}{256}} = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} [Cu^{+2}]$$

Shunday qilib, mis (II) ionining muvozanat konsentrasiyasi $8,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ ga teng ekan. Ammiakning konsentrasiyasi esa $8,2 \cdot 10^{-4} \cdot 4 = 3,28 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ ga teng.

2-masala

Qaysi eritmada kadmiy (II) ionining muvozanat konsentrasiyasi yuqori: $K_2[Cd(CN)_4]$ ning $0,1 \text{ m}$ li eritmasidami yoki $[Cd(NH_3)_4]SO_4$ ning $0,1 \text{ m}$ li eritmasidami?

Berilgan:

$$C_1 = 0,1 \text{ m } K_2[Cd(CN)_4]$$

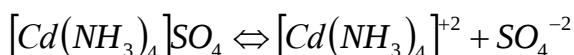
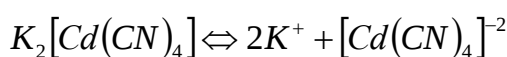
$$C_2 = 0,1 \text{ m } [Cd(NH_3)_4]SO_4$$

Topish kerak:

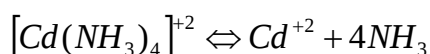
$$[Cd^{+2}]_1 = ?$$

$$[Cd^{+2}]_2 = ?$$

Yechish:



1-masalaga o'xshash kompleks ionlarning muvozanat konsentrasiyalari ham $0,1 \text{ mol/l}$ ga teng.



Bu reaksiyalarning beqarorlik konstantalari quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$K_{[Cd(CN)_4]^{-2}} \Leftrightarrow \frac{[Cd^{+2}] \cdot [CN^-]^4}{[Cd(CN)_4]^{-2}}$$

$$K_{[Cd(NH_3)_4]^{+2}} \Leftrightarrow \frac{[Cd^{+2}] \cdot [NH_3]^4}{[Cd(NH_3)_4]^{+2}}$$

Ikki holat uchun ham kadmiy ionining muvozanat konsentrasiyasini x ga teng deb olsak, u holda

$[CN^-] = 4x$ va $[NH_3] = 4x$ ga teng bo'ladi.

9-jadval ma'lumoti bo'yicha kompleks ionlarning beqarorlik konstantalari $K_{[Cd(CN)_4]^{2-}} = 7,76 \cdot 10^{-18}$ va $K_{[Cd(NH_3)_4]^{+2}} = 2,75 \cdot 10^{-7}$ ga teng.

Beqarorlik konstantalari tenglamalaridan foydalanib, kadmiy ionining muvozanat konsentrasiyalarini hisoblaymiz:

$$[Cd^{+2}]_1 = \frac{K_{[Cd(CN)_4]^{2-}} \cdot [Cd(CN)^{-2}]}{[CN^-]^4}$$

$$x_1 = \frac{7,76 \cdot 10^{-18} \cdot 0,1}{(4x_1)^4}$$

$$256x_1^5 = 7,76 \cdot 10^{-19}$$

$$x_1 = \sqrt[5]{\frac{7,76 \cdot 10^{-19}}{256}} = 7,875 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} [Cd^{+2}]$$

$$[Cd^{+2}]_2 = \frac{K_{[Cd(NH_3)_4]^{+2}} \cdot [Cd(NH_3)_4]^{+2}}{(NH_3)^4}$$

$$x_2 = \frac{2,75 \cdot 10^{-7} \cdot 0,1}{(4x_2)^4}$$

$$256x_2^5 = 2,75 \cdot 10^{-8}$$

$$x_2 = \sqrt[5]{\frac{2,75 \cdot 10^{-8}}{256}} = 1,014 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l} [Cd^{+2}]$$

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{1,014 \cdot 10^{-2}}{7,875 \cdot 10^{-5}} = 129$$

Shunday qilib, kadmiyning ammiakli kompleks ionida kadmiy ionining konsentrasiyasi sianidli kompleks ionidan 129 marta katta ekan.

3-masala

Tarkibida 0,2 m ammiak bo'lgan 0,3 m li $[Co(NH_3)_6](NO_3)_3$ ning eritmasidagi kobal't ionining muvozanat konsentrasiyasi hisoblansin.

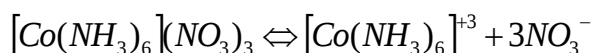
Berilgan:

$$C_1 = 0,3 \text{ m} [Co(NH_3)_6](NO_3)_3$$

$$C_2 = 0,2 \text{ mol} NH_3$$

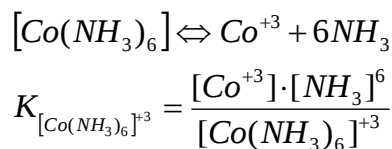
Topish kerak: $[Co^{+3}] = ?$

Yechish: Kompleks tuzi 1 bosqich bo'yicha quyidagicha dissosialanadi:



Reaksiya tenglamasi bo'yicha hosil bo'lgan kompleks ionining muvozanat konsentrasiyasi $[Co(NH_3)_6]^+ = 0,31 \text{ mol/l}$ ga teng.

Kompleks ion 2 bosqich bo'yicha dissosiyalanib, kuchsiz elektrolit kabi beqarorlik konstantaga ega:



Ionlanish tenglamasidan ko'rinib turibdiki, kompleks iondan bir molekula kobal't ioni va 6 molekula ammiak hosil bo'lgan. Agar kobal't ionining muvozanat konsentrasiyasini x ga teng deb olsak, u holda masalaning shartiga ko'ra ammiak molekulasi muvozanat konsentrasiyasi (0,2-6x) ga teng bo'ladi. Kompleks ionning ionlanmagan qismining muvozanat konsentrasiyasi (0,3-x) ga teng bo'ladi. Kompleks ion kuchsiz elektrolit bo'lgani uchun x ning qiymati juda kichik bo'ladi, (6 x)⁶ qiymat esa undan ham kichik bo'lgani uchun ammiak molekulasi muvozanat konsentrasiyasini taxminan 0,2 mol/l ga teng deb olish mumkin. U holda kompleks ionning beqarorlik konstanta qiymatini 9-jadvaldan topib, uning tenglamasini sodda ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$K_{[Co(NH_3)_6]^{+3}} = 6,2 \cdot 10^{-36}$$

$$6,2 \cdot 10^{-36} = \frac{(0,2)^6 \cdot x}{0,3}$$

$$x = \frac{1,86 \cdot 10^{-36}}{6,4 \cdot 10^{-5}} = 2,9 \cdot 10^{-32} \text{ mol/l} [Co^{+3}]$$

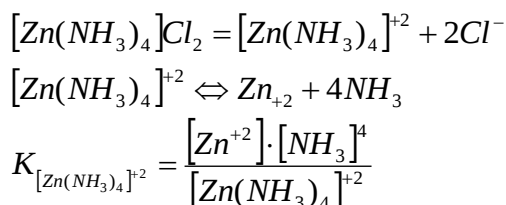
4-masala

$[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ kompleks tuzining 0,1 m li eritmasidan boshlashg'ich konsentrasiyasi 10^{-10} mol/l ga teng bo'lsa, sul'fid ioni o'tkazilgan. Kompleks ion parchalanib, rux sul'fid ko'rinishida cho'kma tushadimi yoki yo'qmi?

Berilgan: $C_1=0,1 \text{ m} [Zn(NH_3)_4]Cl_2$; $[S^{-2}] = 10^{-10} \text{ mol/l}$.

Topish kerak: ZnS cho'kma hosil tushadimi yoki yo'qmi?

Yechish:



9-jadval ma'lumotiga ko'ra $K_{[Zn(NH_3)_4]^{+2}} = 2,0 \cdot 10^{-9}$. Agar rux ionining muvozanat konsentrasiyasini x ga deb teng olsak, u holda ammiak molekulasi muvozanat konsentrasiyasi 4 x ga teng bo'ladi. Beqarorlik konstanta tenglamasiga ko'ra rux ionining muvozanat konsentrasiyasi quyidagicha teng.

$$[Zn^{+2}] = \frac{K_{[Zn(NH_3)_4]^{+2}} \cdot [Zn(NH_3)_4]^{+2}}{(NH_3)_4}$$

Tenglamaga son qiymatlarni qo'yib, x ga nisbatan hisoblaymiz:

$$x = \frac{2,0 \cdot 10^{-9} \cdot 0,1}{256x^4}$$

$$256x^5 = 2,0 \cdot 10^{-10}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{2,0 \cdot 10^{-10}}{256}} = 3,789 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} [\text{Zn}^{+2}]$$

Eruvchanlik ko'paytmasining qoidasiga binoan $[\text{Zn}] \cdot [\text{S}^{2-}] > \mathcal{K}_{\text{ZnS}}$

bo'lsa, cho'kma tushadi. Ionlar konsentrasiyalarining ko'paytmasini hisoblaymiz:

$$[\text{Zn}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 3,789 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-10} = 3,789 \cdot 10^{-13} \text{ mol/l.}$$

8-jadvalning ma'lumotiga ko'ra, $\mathcal{K}_{\text{ZnS}} = 1,6 \cdot 10^{-24}$ ga teng. Demak, $3,789 \cdot 10^{-13} > 1,6 \cdot 10^{-24}$ bo'lgani uchun $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ kompleks tuzi parchalanib, ZnS cho'kmasi tushadi.

5-masala

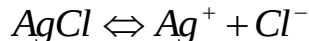
0,1 m li ammiak eritmasidagi kumush xloridning eruvchanligi hisoblansin.

Berilgan: $C = 0,1 \text{ m NH}_3$

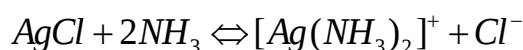
Topish kerak: $E_{\text{AgCl}} = ?$

Yechish: Kumush xlorid 0,1 m li ammiak eritmasida quyidagi o'zaro bog'langan jarayonlar ta'sirida eriydi:

1) Erituvchining molekullari (H_2O) ta'sirida eriydi:



2) Kompleks hosil qilish jarayonida kumush ionlarining ammiak molekulasi bilan bog'lanib, mutahkam kompleks ion hosil qilib eriydi:



Massalar ta'siri qonuniga asosan bu jarayonning eruvchanlik konstantasi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$K_E \rightleftharpoons \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{NH}_3]^2}$$

Bunda, $[\text{AgCl}] = \text{const}$, qiyin eruvchi elektrolit.

Bizga ma'lumki, $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = E_{\text{AgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10}$ (8-jadval bo'yicha)

$$K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 5,75 \cdot 10^{-8} \text{ (9-jadval bo'yicha)}$$

Eruvchanlik ko'paytmasi tenglamasidan xlor ionining muvozanat konsentrasiyasi:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{E_{\text{AgCl}}}{[\text{Ag}^+]}$$

Bu kattalikni eruvchanlik konstanta formulasiga qo'yamiz:

$$K_E \Leftrightarrow \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot EK_{AgCl}}{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2} = \frac{EK_{AgCl}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}} \text{ yoki}$$

$$\frac{EK_{AgCl}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}} = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [Cl^-]}{[NH_3]^2}$$

$AgCl$ ning ammiakda erish tenglamasiga binoan xlor ionining muvozanat konsentrasiyasi kumushning ammiakli kompleks ionining muvozanat konsentrasiyasiga teng. Agar $[Cl^-] = x$ ga teng deb olsak, u holda ammiak molekulasi kompleks ion bilan bog'lanmagan muvozanat konsentrasiyasi $(0,1-x)$ ga teng deb olish mumkin. Son qiymatlarni oxirgi tenglamasiga qo'yib, x ga nisbatan echamiz:

$$\frac{EK_{AgCl}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}} = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [Cl^-]}{[NH_3]^2}$$

$$\frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{5,75 \cdot 10^{-8}} = \frac{x^2}{(0,1-x)^2}$$

$$0,31 \cdot 10^{-2} \cdot (0,01 - 0,2x + x^2) = x^2$$

$$3,1 \cdot 10^{-5} - 6,2 \cdot 10^{-4}x + 3,1 \cdot 10^{-3}x^2 = x^2$$

$$0,9969x^2 + 6,2 \cdot 10^{-4}x - 3,1 \cdot 10^{-5} = 0$$

$$x = \frac{-6,2 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(6,2 \cdot 10^{-4})^2 + 4 \cdot 0,9969 \cdot 3,1 \cdot 10^{-5}}}{2 \cdot 0,9969} =$$

$$= \frac{-6,2 \cdot 10^{-4} \pm 1,11 \cdot 10^{-2}}{1,9938} = \frac{1,05 \cdot 10^{-2}}{1,9938} = 0,526 \cdot 10^{-2} = 0,005261 \text{ mol/l}$$

Demak, kumush xloridning 0,1 m li ammiak eritmasidagi eruvchanligi $0,00526 \text{ mol/l}$ ga teng.

6-masala

Agar kumush bromidni natriy tiosulfatning 10 ml 4 m li eritmasi bilan chayqatilsa, uning necha milligrami eriydi?

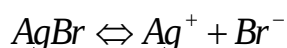
Berilgan: $V_1 = 10 \text{ ml}$ $Na_2S_2O_3$, $C_1 = 4 \text{ m}$ $Na_2S_2O_3$

Topish kerak:

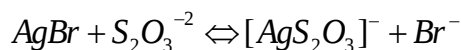
$$q_{AgBr} = ?$$

Yechish: Kumush bromid ikki jarayon ta'sirida eriydi:

1) Erituvchi (H_2O) ta'sirida kumush bromid eriydi:



2) Kumush ionlari bilan tiosul`fat ionlari o`zaro ta`sirlashib, kompleks ion hosil qilib eriydi:



Hosil bo`lgan kompleks ion kuchsiz elektrolit bo`lib, massalar ta`siri qonuniga asosan eruvchanlik konstantasiga egadir:

$$K_E \rightleftharpoons \frac{[AgS_2O_3^-] + [Br^-]}{[S_2O_3^{-2}]}$$

$$[AgBr] = const$$

Kumush bromid qiyin eruvchan elektrolit bo`lib, eruvchanlik ko`paytmasiga ega:

$$EK_{AgBr} = [Ag^+] \cdot [Br^-] = 5,3 \cdot 10^{-13} \quad (8\text{-jadval})$$

9-jadval ma`lumotiga ko`ra, kompleks ionining beqarorlik konstantasi qiymati quyidagiga teng:

$$K_{[AgS_2O_3^-]} \rightleftharpoons \frac{[Ag^+] \cdot [S_2O_3^{-2}]}{[AgS_2O_3^-]} = 1,51 \cdot 10^{-9}$$

Kumush ionining muvozanat konsentrasiyasini eruvchanlik ko`paytmasi kattaligidan topish mumkin:

$$[Br^-] = \frac{EK_{AgBr}}{[Ag]} \text{ u holda}$$

$$K_E \rightleftharpoons \frac{EK_{AgBr} \cdot [AgS_2O_3^-]}{[Ag^+] \cdot [S_2O_3^{-2}]} = \frac{EK_{AgBr}}{K_{[AgS_2O_3^-]}}$$

$$\frac{EK_{AgBr}}{K_{[AgS_2O_3^-]}} = \frac{[AgS_2O_3^-] \cdot [Br^-]}{[S_2O_3^{-2}]}$$

Bromid ionining eritmaga o`tgan konsentrasiyasini x ga teng deb olsak, u holda tiosul`fat ionning eritmada konsentrasiyasi

$[S_2O_3^{-2}] = 4 - x$ ga teng bo`ladi. Son qiymatlarini tenglamaga qo`yib x ga nisbatan yechamiz:

$$\frac{5,3 \cdot 10^{-13}}{1,51 \cdot 10^{-9}} = \frac{x^2}{4 - x}$$

$$3,51 \cdot 10^{-4} \cdot (4 - x) = x^2$$

$$x^2 + 3,51 \cdot 10^{-4} - 1,404 \cdot 10^{-3}$$

$$x = \frac{-3,51 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(3,51 \cdot 10^{-4})^2 + 4 \cdot 1,404 \cdot 10^{-2}}}{2} = \frac{-3,51 \cdot 10^{-4} \pm 7,49 \cdot 10^{-2}}{2} = 3,73 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Demak, kumush bromidning 4 m li natriy tiosul`fat eritmasidagi eruvchanligi  $3,73 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$  ga teng ekan yoki  $E_{AgBr} = 3,73 \cdot 10^{-2} \cdot 187,8 = 7,005 \text{ g/l}$  ga teng. U holda,  $EK_{AgBr}$  10 ml li 4 m li natriy tiosul`faat eritmasidagi eruvchanligi 0,07 g (70 mg) ga teng bo`ladi.

7-masala

0,2 g kumush bromidni 100 ml 1 m li ammiak eritmasida eriydimi?

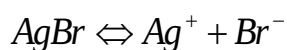
Berilgan: $m = 10,2 \text{ g AgBr}$; $C_1 = 1 \text{ m NH}_4\text{OH}$; $V = 100 \text{ ml NH}_4\text{OH}$

Topish kerak:

$$E_{AgBr} = ?$$

Yechish: Kumush bromidning 100 ml 1 m li ammiak eritmasida (5- va 6- masalalarga o`xshash) quyidagi jarayonlar ta`sirida eriydi:

1)



2)



Bu jarayonlarni umumlashtirib quyidagicha yozish mumkin:



Kumush ioni ammiak molekulasi bilan kompleks ion hosil qilib, cho`kmani erishga olib keladi. Erish jarayoni massalar ta`siri qonuniga asosan o`zining eruvchanlik konstantasiga (E_k) egadir.

$$K_E \Leftrightarrow \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [Br^-]}{[NH_3]^2}$$

$$EK_{AgBr} = [Ag^+] \cdot [Br^-] = 5,3 \cdot 10^{-13} \text{ (8-jadvaldan ma`lumot)}$$

$$K_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+} = 5,75 \cdot 10^{-8} \text{ (9-jadvaldan ma`lumot)}$$

Eruvchanlik ko`paytmasining tenglamasidan $[Br^-]$ ni aniqlaymiz:

$$[Br^-] = \frac{EK_{AgBr}}{[Ag^+]} \text{ va eruvchanlik konstanta tenglamasiga qo`yamiz:}$$

$$K_E \Leftrightarrow \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot EK_{AgBr}}{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2} = \frac{EK_{AgBr}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}}$$

Eruvchanlikni hisoblashning oxirgi ishchi formulasi quyidagi ko`rinishda bo`ladi:

$$\frac{EK_{AgBr}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}} = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [Br^-]}{[NH_3]^2}$$

Agar $[Br^-]$ va $[Ag(NH_3)_2]^+$ ionlarning muvozanat konsentrasiyalarini x ga teng deb olsak, u holda ammiakning muvozanat konsentrasiyasi $(1-x)$ ga teng bo'ladi. Ammiakning kuchsiz ionlanishini va x ning qiymati juda juda kichik bo'lganini hisobga olib $1-x \approx 1$ ga teng deb olsak, u holda tenglama yanada soddalashadi:

$$\frac{5,3 \cdot 10^{-13}}{5,75 \cdot 10^{-8}} = \frac{x^2}{1^2}$$

$$9,22 \cdot 10^{-6} = x^2$$

$$x = \sqrt{9,22 \cdot 10^{-6}} = 3,04 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Demak, kumush bromidning 1 m li ammiak eritmasidagi eruvchanligi $3,04 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ ga teng ekan. Bu kattalikni $AgBr$ ning molekulyar massa (187,8 g) ga ko'paytirsak, eruvchanlik $E_{AgBr} = 3,04 \cdot 10^{-3} \cdot 187,8 = 0,570 \text{ g/l}$ da ifodalanadi. Shunday qilib, 100 ml 1 m ammiak eritmasida 0,057 g $AgBr$ erir ekan. Demak, 0,2 g $AgBr$ 100 ml 1 m ammiak eritmasida to'liq erimas ekan.

8-masala

10 mg kumush xloridni eritish uchun 5 ml ammiak eritmasi etarli bo'lsa, ammiakning boshlang'ich konsentrasiyasini mol/l da hisoblang.

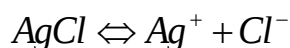
Berilgan: $V_{NH_3} = 5 \text{ ml}$; $q_{AgCl} = 10 \text{ mg}$

Topish kerak:

$[NH_3]_{bosh} = ?$

Yechish: 5-7 masalalarga o'xshab echamiz:

1)



2)



Bu jarayonlarni umumlashtirib quyidagicha yozish mumkin:



$$K_E \rightleftharpoons \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [Cl^-]}{[NH_3]^2}$$

$$EK_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = 1,78 \cdot 10^{-10} \quad (8\text{-jadval bo'yicha})$$

Beqarorlik konstantasi :

$$K_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+} = 5,75 \cdot 10^{-8} \quad (9\text{-jadvaldan ma'lumot})$$

Eruvchanlik ko'paytmasining tenglamasidan $[Cl^-]$ ni aniqlaymiz:

$[Cl^-] = \frac{EK_{AgCl}}{[Ag^+]}$ ga teng bo'lsa, u holda K_e quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K_E \Leftrightarrow \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot EK_{AgCl}}{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2} = \frac{EK_{AgCl}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}}$$

yoki

$$\frac{EK_{AgCl}}{K_{[Ag(NH_3)_2]^+}} = \frac{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [Cl^-]}{[NH_3]^2}$$

Masalaning shartidan kelib chiqib, agar 5 ml ammiak eritmasi 10 mg $AgCl$ ni erita olsa, u holda 1000 ml ammiak eritmasi x mg $AgCl$ ni eritish kerak. Proporsiya tuzamiz:

$$\begin{aligned} 5 \text{ ml } NH_3 &\text{ — } 10 \text{ mg } AgCl \\ 1000 \text{ ml } NH_3 &\text{ — } x \text{ mg } AgCl \\ x &= \frac{10 \cdot 1000}{5} = 2000_{mg} AgCl \end{aligned}$$

Demak, $AgCl$ ning ammiakda eruvchanligi:

$$E = \frac{q_{AgCl}}{M_{AgCl}} = \frac{2}{143,321} = 0,0139 \text{ mol/l}$$

ga teng bo'ladi.

Ammiakning kompleksga bog'langan konsentrasiyasi:

$[NH_3] = 2 \cdot 0,0139 = 0,0278 \text{ mol/l}$ teng bo'lsa, eritmadagi muvozanat konsentrasiyasi:

$[NH_3] = C - 0,0278 \text{ mol/l}$ ga teng bo'ladi.

Bu yerda, C-ammiakning boshlang'ich konsentrasiyasi.

Topilgan qiymatlarni oxirgi ishchi formulaga qo'yib, ammiakning boshlang'ich konsentrasiyasiga nisbatan echamiz:

$$\begin{aligned} \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{5,75 \cdot 10^{-8}} &= \frac{(0,0139)^2}{(C - 0,0278)^2}; & 3,1 \cdot 10^{-3} &= \frac{(0,0139)^2}{(C - 0,0278)^2} \\ \sqrt{3,1 \cdot 10^{-3}} &= \frac{0,0139}{C - 0,0278}; & 5,57 \cdot 10^{-2} &= \frac{0,0139}{C - 0,0278} \\ 0,0139 &= 0,056C - 0,0016; & 0,0154 &= 0,056C \\ C &= \frac{0,0154}{0,056} = 0,275 \text{ mol/l } NH_3 \end{aligned}$$

Masala 9

10 ml 0,25 M li kumush nitrat eritmasiga 40 ml 0,5 M li kaliy sianid eritmasi

qoʻshilsa, aralashmadagi kumushning muvozanat konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: $V_1 = 10 \text{ ml AgNO}_3$

$$C_1 = 0,25 \text{ M AgNO}_3$$

$$V_2 = 40 \text{ ml KCN}$$

$$C_2 = 0,5 \text{ M KCN}$$

Topish kerak:

$$[\text{Ag}^+] = ?$$

Yechish:

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_0}{C_1}$ bu yerda, C_0 —kumush nitratning suyultirish hisobga olingan konsentrasiyasi.

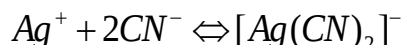
V_0 — aralashmaning umumiy hajmi ($V_1 + V_2$).

$$\text{Bu tenglamadan } C_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_0} = \frac{0,25 \cdot 10}{50} = 50 \text{ mol/l}$$

Xuddi shunday kaliy sianidning suyulgandan keyingi konsentrasiyasi (C_2^1):

$$C_2^1 = \frac{0,5 \cdot 40}{50} = 0,4 \text{ mol/l}$$

Kaliy sianid eritmasi kumush nitrat eritmasiga nisbatan ortiqcha miqdorda olingani uchun aralashmada kompleks hosil boʻlish jarayoni kuzatiladi:



Bir vaqtda teskari jarayon kuzatilib, beqarorlik konstanta qiymatiga ega boʻladi:

$$K_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = 1,0 \cdot 10^{-21} \text{ (9-jadvaldan ma'lumot)}$$

Bu tenglamadan $[\text{Ag}^+]$ ning muvozanat konsentrasiyasini x ga teng deb olsak, u holda kumush sianid kompleks ionining ionlanish tenglamasidan $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$ sianid ionini va $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ kompleks ionining muvozanat konsentrasiyalarini topishimiz mumkin:

$$[\text{CN}^-] = C_{\text{CN}^-} - 2(C_{\text{Ag}^+} - x) = 0,4 - 2(5 \cdot 10^{-2}) \approx 0,4 \text{ mol/l}$$

$$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- = C_{\text{Ag}^+} - x = 5 \cdot 10^{-2} - x \approx 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Bu yerda, $C_{\text{CN}^-} = C_{\text{KCN}}$

$$C_{\text{Ag}^+} = C_{\text{AgNO}_3}$$

Topilgan muvozanat konsentrasiyalarining son qiymatlarini beqarorlik konstanta tenglamasiga qoʻyib, x ga nisbatan hisoblaymiz:

$$K_{\text{beqaror}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = 1,0 \cdot 10^{-21} = \frac{x(0,4)^2}{0,05}$$

$$x = \frac{5 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-1}} = 3,1 \cdot 10^{-18} \text{ mol/l} [\text{Ag}^+]$$

10-masala

Ushbu ko'rsatilgan kompleks ionlarning- $[\text{HgBr}_4]^{-2}$; $[\text{HgJ}_4]^{-2}$; $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{-2}$

qaysi birining mustahkamligi kam? Shu kompleks ionlarga tegishli kompleks tuzlarning 0,2 M eritmasida ionlanish darajalarini foizlarda hisoblang.

Berilgan: $C = 0,2 \text{ M}$

Topish kerak:

$\alpha = ?$ (foizlarda)

Yechish: 9-jadvaldan ko'rsatilgan kompleks ionlarning beqarorlik konstanta qiymatlarini aniqlaymiz:

$$K_{[\text{HgBr}_4]^{-2}} = 2,2 \cdot 10^{-22}$$

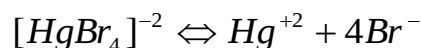
$$K_{[\text{HgJ}_4]^{-2}} = 5 \cdot 10^{-31}$$

$$K_{[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{-2}} = 4 \cdot 10^{-42}$$

Kompleks ionlarning ionlanish darajasi deb, uning ionlangan qismining konsentrasiyasini umumiy konsentrasiyaga nisbatiga aytiladi va foizlarda hisoblanadi:

$$\frac{[\text{Hg}^{+2}]}{[\text{HgBr}_4]^{-2}} = 4 \cdot 10^{-42}$$

Masalaning shartiga ko'ra $[\text{HgBr}_4]^{-2}$ kompleks ionning konsentrasiyasi 0,2 M ga teng bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:



$$[\text{Hg}^{+2}] = x$$

$$[\text{Br}^-] = 4x$$

Beqarorlik konstantasi:

$$K_{[\text{HgBr}_4]^{-2}} = \frac{[\text{Hg}^{+2}] \cdot [\text{Br}^-]^4}{[\text{HgBr}_4]^{-2}}$$

Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini Shu formulaga qo'yib, x ga nisbatan hisoblaymiz:

$$2,2 \cdot 10^{-22} = \frac{x(4x)^4}{0,2}$$

$$265x^5 = 4,4 \cdot 10^{-22}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{4,4 \cdot 10^{-23}}{256}} = \sqrt[5]{0,0172 \cdot 10^{-23}} = \sqrt[5]{1,72 \cdot 10^{-25}} = 1,12 \cdot 10^{-25} \text{ mol/l}$$

$[HgBr_4]^{-2}$ kompleks ionning ionlanish darajasi:

$$\alpha_{[HgBr_4]^{-2}} = \frac{1,12 \cdot 10^{-5}}{0,2} \cdot 100 = 5,6 \cdot 10^{-3} \% \text{ ga qolgan kompleks ionlarning darajalarini}$$

xuddi shunday hisoblaymiz:

$$K_{[HgJ_4]^{-2}} = \frac{[Hg^{+2}] \cdot [J^{-}]^4}{[HgJ_4]^{-2}}$$

$$5 \cdot 10^{-31} = \frac{x(4x)^4}{0,2}$$

$$256x^5 = 1,0 \cdot 10^{-31}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{1 \cdot 10^{-31}}{256}} = \sqrt[5]{0,0039 \cdot 10^{-31}} = \sqrt[5]{39 \cdot 10^{-35}} = 2,08 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l} [Hg^{+2}]$$

$$\alpha_{[HgJ_4]^{-2}} = \frac{2,08 \cdot 10^{-7}}{0,2} \cdot 100 = 1,04 \cdot 10^{-4} \%$$

$$K_{[HgJ_4]^{-2}} = \frac{[Hg^{+2}] \cdot [J^{-}]^4}{[HgJ_4]^{-2}}$$

$$5 \cdot 10^{-31} = \frac{x(4x)^4}{0,2}$$

$$256x^5 = 1,0 \cdot 10^{-31}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{1 \cdot 10^{-31}}{256}} = \sqrt[5]{0,0039 \cdot 10^{-31}} = \sqrt[5]{39 \cdot 10^{-35}} = 2,08 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l} [Hg^{+2}]$$

$$\alpha_{[Hg(CN)_4]^{-2}} = \frac{1,26 \cdot 10^{-9}}{0,2} \cdot 100 = 6,3 \cdot 10^{-7} \%$$

Hisoblash ma'lumotlaridan shuni hulosa qilish muminki, mustahkamligi eng kam bo'lgan kompleks ion- bu simobning bromidli kompleks ion ekan. Ularning ionlanish darajalariga qarab ionlanishni quydagi qatorga joylashtirish mumkin:



11-masala

Tarkibida $1 \cdot 10^{-3}$ M kumush nitrat va 0,022 M ammiak bo'lgan eritmaning kompleksliligi (F) va kumush ionining muvozanat konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan:

$$C_1 = 1 \cdot 10^{-3} M AgNO_3$$

$$C_2 = 2,2 \cdot 10^{-2} mol / l NH_4OH$$

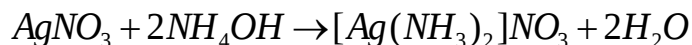
$$\mu = 0,5$$

Topish kerak:

$$F = ?$$

$$[Ag^+] = ?$$

Yechish:



Adabiyot ma'lumotlaridan foydalanib, $\mu = 0,5$ dagi kumushning ammiakli kompleksi bo'yicha quyidagi kattaliklarning son qiymatlarini topamiz:

$$\lg \beta_1 = 3,24 \cdot [Ag(NH_3)]^+ \text{ ioni uchun, } \lg \beta_2 = 7,05 \cdot [Ag(NH_3)]^+ \text{ ioni uchun, } \beta_1 = 1,74 \cdot 10^3, \\ \beta_2 = 1,12 \cdot 10^7$$

Eritmadagi ammiakning miqdori kumush nitratnikiga nisbatan ortiqcha bo'lgani uchun uning muvozanat konsentrasiyasini umumiy konsentrasiyasiga teng deb olish mumkin:

$$(C_2 = 2,2 \cdot 10^{-2} mol / l).$$

U holda, kumush ionining kompleksiligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\Phi = 1 + \beta_1[\bar{L}] + \beta_2[\bar{L}]^2$$

Bu yerda, $\bar{L}$ -ligandning konsentrasiyasi, ya'ni suvli ammiak eritmasining konsentrasiyasi. Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$F = 1 + 1,74 \cdot 10^3 \cdot 0,022 + 1,121,74 \cdot 10^3 \cdot (0,022)^2 = 1 + 38,28 + 5420,8 = 5460,08 = 5,46 \cdot 10^3$$

Kumush ionining muvozanat konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[Ag^+] = \frac{C_1}{F} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{5,46 \cdot 10^3} = 1,83 \cdot 10^{-7} mol / l$$

IX - bob. Gravimetriya

9.1. Gravimetrik tahlilning mohiyati va undagi hisoblashlar

Gravimetrik (tortma) usuli miqdoriy tahlilda keng miqyosda qo'llanilsa ham, ko'pchilik ximiklar imkonicha tezkor usullardan ya'ni titrimetrik, fotometrik va boshqa fizik usullardan foydalanishni ma'qul ko'radilar.

Xalq xo'jaligining amaliyotida ko'pincha gigroskopik va kristallizasion suvlarni (ruda, silikat, ko'mir, yog'och, yog' va boshqalardagi), oltingugurt (oltingugurt kolchedani, metall rudalar, toshko'mir, torf, neft va boshqalardagi), fosforni (fosforit,

apatit, fosfor o'g'itlaridagi), magniy va kal'siylarni (karbonat, silikat va boshqa xomashyolardagi), temir, alyuminiy, kremniy va boshqalarni tortma usul bilan aniqlaydilar, Shuningdek, har xil modda tarkibidagi mis, kadmiy, simob, kumush va boshqa metallarni gravimetrik usuldan foydalanib aniqlaydilar.

Aniqlanuvchi modda tarkibida komponent massasini aniq o'lchashga asoslangan usulni gravimetrik usul deyiladi.

Gravimetrik usulga quyidagilar kiradi:

1) *Haydash usuli*

a) to'g'ri;

b) bilvosita;

2) *cho'ktirish usuli*

a) cho'ktiruvchi – noorganik reagent;

b) cho'ktiruvchi organik reagent;

d) elektrodda cho'ktirish (elektrogravimetriya);

3) *Termogravimetriya usullari kiradi*

Haydash usuli universal emas, bu usul bilan modda tarkibidagi uchuvchan komponentlarni aniqlashda foydalaniladi. Lekin hamma modda tarkibida uchuvchan komponent bo'lmaydi. Shuning uchun ko'pincha cho'ktirish va termogravimetriya usullaridan foydalaniladi.

Gravimetrik tahlil ikkita eksperimental o'lchashlardan tashkil topgan: namuna va namunadagi aniq tarkibli mahsulotni o'lchashdan iborat. Buning asosida aniqlanuvchi komponentning foiz miqdorini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$\%A = \frac{A \cdot \text{ning} \cdot \text{massasi}}{\text{namunaning} \cdot \text{massasi}} \cdot 100$$

Gravimetrik tahlilda ko'pincha modda tarkibidagi A komponentning massasini o'lchamasdan, balki A komponentga kimyoviy bog'langan modda massasini o'lchashga to'g'ri keladi. Bunday hollarda A komponentning massasini aniqlash uchun kimyoviy bog'langan modda massasiga qayta hisob gravimetrik faktori kiritiladi. (*F*) gravimetrik faktor deb, aniqlanuvchi moddaning molekulyar massasini o'lchanadigan moddaning molekulyar massasiga bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$F = \frac{a \cdot M(\text{aniqlanuvchi} \cdot \text{moddaning} \cdot \text{molekulyar} \cdot \text{massasi})}{\epsilon \cdot M_1(\text{olchanadigan} \cdot \text{moddaning} \cdot \text{molekulyar} \cdot \text{massasi})}$$

bu yerda, a va v lar butun sonlar bo'lib, bu sonni molekulyar massaga ko'paytirganda sur'at va maxrajdagi mollar soni kimyoviy ekvivalent bo'lishi kerak.

Aniqlanuvchi birikmaning foiz miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\%A = \frac{A \cdot \text{ning} \cdot \text{massasi} \cdot \left(\frac{a \cdot M_{\text{ning}} \cdot \text{mol} \cdot \text{massasi}}{\epsilon \cdot M_1 \cdot \text{ning} \cdot \text{mol} \cdot \text{massasi}} \right)}{\text{namunaning} \cdot \text{massasi}} \cdot 100$$

Gravimetrik tahlilda ko'pincha absolyut quruq moddaga nisbatan qayta hisoblashga to'g'ri keladi. Bunday holda, aniqlanuvchi komponentning miqdori quruq moddaga nisbatan foizlarda quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$C = \frac{a \cdot 100}{100 - \epsilon}; \%$$

Bu yerda, a - nam namunadagi tarkibiy qisimning miqdori, % ;

ϵ – namunaning namligi, % ;

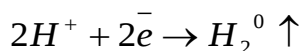
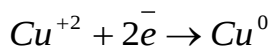
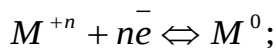
C – aniqlanuvchi komponentning quruq modda bo'yicha miqdori, %.

9.2. Elektrogravimetrik tahlil

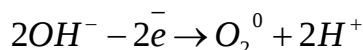
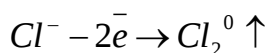
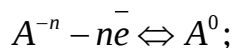
Elektrogravimetrik usul fizik-kimyoviy tahlilga oid bo'lib, elektrolit eritmadan tok o'tganda elektrodda ajralib chiqqan cho'kmaning og'irligini aniq o'lchashga asoslangan.

Elektrolit eritmalaridan tok o'tganda elektrodda har xil moddalar (metallar, nometallar, oksidlar va boshqalar) ajralib chiqadi.

Bunda katodda oksidlovchilarning qaytarilish jarayoni sodir bo'ladi:



Anodda qaytaruvchilarning oksidlanish jarayoni sodir bo'ladi:



Gravimetrik elektrotahlilda tok manbaidagi kuchlanishni sozlab, tok kuchini doim o'zgarmas holda ushlab turiladi. Tok manbaidagi maksimal kuchlanishni va berilayotgan elektr yurituvchi kuchning (E.Yu.K.) minimal qiymatini to'g'ri hisob qilib, aniqlanayotgan elementni qo'shimchalarsiz toza holda cho'ktirish mumkin. Eritma bilan metall orasida paydo bo'lgan E.Yu.K. ning muvozanat potentsiali Nernst tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg C$$

Elektroliz uchun kerak bo'lgan kuchlanishni quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$E = (E_a + \eta_a) - (E_k + \eta_k) + JR$$

bu yerda, E_a , E_k – anod va katodning Nernst tenglamasi yordamida hisoblangan muvozanat potentsiallari;

η_a, η_k -anod va katodlardagi ortiqcha kuchlanishlar;

J -tok kuchi, Amper;

R -zanjirning qarshiligi, Om.

Elektroddagi ortiqcha kuchlanish quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\eta = E - E_{\text{hosil}}$$

bu yerda, E_{hosil} - Nernst formulasi yordamida hisoblangan yacheykaning E.Yu.K.si.

9.3. Gravimetrik tahlilga oid namunaviy masalalar

1-masala

Tabiiy silikatdagi alyuminiyni Al_2O_3 ko'rinishda gravimetrik faktori nechaga teng?

Yechish: Gravimetrik faktor quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$F_{Al} = \frac{2A_{Al}}{M_{Al_2O_3}}$$

Bu yerda, A_{Al} -alyuminiy elementining atom massasi;

$M_{Al_2O_3}$ -alyuminiy oksidining molyar massasi.

Kattaliklarning son qiymatlarini formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$F_{Al} = \frac{2 \cdot 26,9815}{101,9612} = 0,5293$$

2-masala

1 g o'g'it tarkibidagi fosfat-ioni magniy-ammoniyfosfat ($MgNH_4PO_4$) ko'rinishda cho'ktiriladi. Cho'kmani $900^\circ C$ haroratda qizdirib, magniy pirofosfat ko'rinishga o'tkazildi va massasi analitik tarozida o'lchandi (0,2552 g). Fosforning o'g'itdagi foiz miqdori hisoblansin.

Berilgan: $m=1,0000$ g. o'g'it; $m_1=0,2550$ g $Mg_2P_2O_7$

Topish kerak: %R=?

Yechish: O'g'itdagi fosforning foiz konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\%P = \frac{m_1 \cdot F_p \cdot 100}{m};$$

Bu yerda,

$$F_p = \frac{2A_p}{M_{Mg_2P_2O_7}} = \frac{2 \cdot 30,9738}{222,5533} = 0,2783$$

F_p -fosforning gravimetrik faktori;

A_p -fosforning atom massasi, 30,9738 g;

$M_{Mg_2P_2O_7}$ -magniy pirofosfatning molyar massasi, 222,5533g

Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$\%P = \frac{0,2550 \cdot 0,2783}{1,0000} = 7,0980 \approx 7,10\%.$$

3-masala

Sul'fat kislota eritmasining 100 ml hajmdagi qismidan SO_4^{-2} anioni $BaSO_4$ ko'rinishda cho'ktirib standartlashtirilgan. Qizdirilgan $BaSO_4$ cho'kmasining massasi 0,4730 g ga teng. Sul'fat kislota eritmasining molyar konsentratsiyasi nechaga teng?

Berilgan: $V=100$ ml $BaSO_4$; $m_1=0,4730$ g $BaSO_4$

Topish kerak: $C_{H_2SO_4}=?$

Yechish: Bariy sul'fatdagi sul'fat-anionining massasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$m_{SO_4^{-2}} = \frac{m_{BaSO_4} \cdot M_{SO_4^{-2}} (molyarmassa)}{M_{BaSO_4} (molyarmassa)};$$

$$m_{SO_4^{-2}} = \frac{0,4730 \cdot 96,0576}{233,3976} = 0,1947g$$

Xuddi shunday sul'fat kislotaning massasini ham aniqlaymiz:

$$m_{H_2SO_4} = \frac{m_{SO_4^{-2}} \cdot M_{H_2SO_4} (molyarmassa)}{M_{SO_4^{-2}} (molyarmassa)};$$

$$m_{H_2SO_4} = \frac{0,1947 \cdot 98,0734}{96,0576} = 0,1988g H_2SO_4;$$

100 ml eritmada 0,1988 g H_2SO_4 bo'lsa,

1000 ml eritmada 1,988g H_2SO_4 bo'ladi.

$$C_{H_2SO_4} = \frac{m_{H_2SO_4}}{M_{H_2SO_4}} = \frac{1,9880}{98,0734} = 0,0203 mol/l; H_2SO_4$$

4-masala

Agar tahlil bo'yicha havoda quritilgan ohak tarkibidagi komponentlarning miqdori 64,77% CaO ; 25,1% qum; 10,13% namni tashkil etgan bo'lsa, absolyut quritilgan ohak tarkibidagi kal'siy oksidi va qumning foiz konsentratsiyalari aniqlansin:

Berilgan: $a_{CaO} = 64,77\%$; $a_{SiO_2} = 25,1\%$; $a_{H_2O} = 10,13\%$

Topish kerak: $C_{CaO}=?$; $C_{SiO_2}=?$

Yechish: Tahlilning absolyut quruq modda bo'yicha qayta hisoblash formulasini yozamiz:

$$C = \frac{a \cdot 100}{(100 - e)};$$

Bu yerda, a -ohakning nam holidagi komponentlarning (CaO , SiO_2) miqdori; e - namunaning namligi.

$$C_{\text{CaO}} = \frac{64,77 \cdot 100}{(100 - 10,13)} = \frac{6477,00}{89,87} = 72,02\% \text{CaO};$$

$$C_{\text{SiO}_2} = \frac{25,1 \cdot 100}{(100 - 10,13)} = \frac{2510,00}{89,87} = 29,93\% \text{SiO}_2;$$

5-masala

Massasi 2,6248 g ga teng bo'lgan toshko'mir namunasi, quritilgandan so'ng uning o'zgarmas massasi 2,5420 g ga teng bo'ldi. Namunaning namligi necha foizni tashkil etgan?

Berilgan: $q = 2,6448\text{g}$; $q_1 = 2,5420\text{g}$

Topish kerak: $\%_{\text{H}_2\text{O}} = ?$

Yechish: Namunaning q g umumiy og'irligini 100% deb olsak, namunadagi suvning og'irligi $(q - q_1)$ g X % ga teng bo'ladi.

Proporsiya tuzamiz:

$$\begin{aligned} q & \text{---} 100 \% \\ (q - q_1) & \text{---} X \% \\ X & = \frac{(q - q_1) \cdot 100}{q}; \\ X & = \frac{(2,6448 - 2,5420) \cdot 100}{2,6448} = 3,16\% \text{ H}_2\text{O}; \end{aligned}$$

6-masala

Rux rudali ikkita namuna tahlil qilinganda, birinchi namunada 1,5% suv, 45,3 % rux borligi aniqlangan. Ikkinchi namunada 0,67 % suv va 45,7 % rux borligi aniqlangan. Ikkala namunadagi suvning miqdorlari bir xil bo'lsa, namunalardagi ruxning miqdorlari bir-birlaridan farq qiladimi?

Berilgan: $a_1 = 45,3\% \text{ Zn}$; $b_1 = 1,5\% \text{ H}_2\text{O}$; $a_2 = 45,7\% \text{ Zn}$; $b_2 = 0,67\% \text{ H}_2\text{O}$;

Topish kerak: $C_1 = ?$ $C_2 = ?$

Yechish: Ikkala ruxning miqdorini absolyut quruq moddaga nisbatan qayta hisoblash formulasi yordamida hisoblaymiz:

$$C_1 = \frac{a_1 \cdot 100}{(100 - e_1)}; C_2 = \frac{a_2 \cdot 100}{(100 - e_2)};$$

$$C_1 = \frac{45,3 \cdot 100}{100 - 1,5} = \frac{4530}{98,5} = 45,99\%$$

$$C_2 = \frac{45,7 \cdot 100}{100 - 0,67} = \frac{4570}{99,33} = 46,01\%$$

Hisob natijalari shuni ko'rsatadiki, ikkala namunaning namligi bir xil bo'lganda, ruxning miqdorlari bir-biridan farq qilar ekan.

7-masala

Mineral suv tahlil qilinganda suvdagi hamma kationlarning yig'indisi 418,7 milligramm-ekvivalentga, anionlarning yig'indisi 416,7 ga, faqat kal'siy kationi 203,6 ga teng bo'ldi. Kal'siyning ekvivalent foizi va tahlilning xatosi foizlarda aniqlansin.

Berilgan: $\sum_{K^+} = 418,7 \text{ mg} - \text{ekv}$; $\sum_a = 416,7 \text{ mg} - \text{ekv}$; $\sum_{Ca^{+2}} = 203,6 \text{ mg} - \text{ekv}$

Topish kerak: $\%Ca^{+2} = ?$; $D = ?$;

Yechish: Namunadagi hamma kationlar yig'indisini mg-ekv.larda 100 foizga teng deb olsak, Ca^{+2} kationini mg-ekv.larda X foizga teng bo'ladi. Proporsiya tuzamiz:

$418,7 \text{ mg} - \text{ekv} — 100 \%$

$203,6 \text{ mg} - \text{ekv} — X \%$

$$X = \frac{203,6 \cdot 100}{418,7} = 48,63\% \text{ } Ca^{+2}$$

Tahlilning xatosini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$D = \frac{(\sum_K - \sum_a)}{(\sum_K + \sum_a)} \cdot 100 = \frac{(418,7 - 416,7)}{(418,7 + 416,7)} \cdot 100 = 0,24\%$$

8-masala

Suvning tahlilida $4,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ magniy ioni va $19,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ sul'fat ioni borligi topildi. ionlarning miqdori milligramm-ekvivalentlarda aniqlansin.

Berilgan: $[Mg^{+2}] = 4,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$; $[SO_4^{-2}] = 19,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$

Topish kerak: $[Mg^{+2}]_{\text{mg-ekv.}} = ?$ $[SO_4^{-2}]_{\text{mg-ekv.}} = ?$

Yechish: Mg^{+2} va SO_4^{-2} ionlarning miqdorini mg-ekv.larda quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$\left[Mg^{+2} \right]_{mg-ekv} = \frac{\left[Mg^{+2} \right]}{\vartheta_{Mg^{+2}}} = \frac{4,87 \cdot 10^{-3}}{12,15} = 4,01 \cdot 10^{-4} mg - ekv;$$

$$\left[SO_4^{-2} \right]_{mg-ekv} = \frac{\left[SO_4^{-2} \right]}{\vartheta_{SO_4^{-2}}} = \frac{19,75 \cdot 10^{-3}}{48,03} = 4,11 \cdot 10^{-4} mg - ekv$$

Masala 9

Agar Fe_2O_3 tortma formasining massasi 0,2830 g ga teng bo'lsa, namunadagi temirning miqdorini hisoblang.

Berilgan: $a_{Fe_2O_3} = 0,2830g$

Topish kerak: $q_{Fe^{+2}} = ?$

Yechish: Namunadagi temirning miqdorini gravimetrik faktor formulasidan foydalanib aniqlaymiz:

$$q_{Fe^{+2}} = a_{Fe_2O_3} \cdot F$$

$$F = \frac{2A_{Fe}}{M_{Fe_2O_3}};$$

F-gravimetrik faktor.

$$q_{Fe} = a_{Fe_2O_3} \cdot \frac{2A_{Fe}}{M_{Fe_2O_3}};$$

$$q_{Fe} = 0,2830 \cdot \frac{111,70}{159,70} = 0,1979gFe$$

10-masala

Texnik kal'siy karbonatning 0,8644 g namunasi kal'siy sul'fat ko'rinishda tortma formaga o'tkazilgan. Texnik formaning massasi 0,8500 g ga teng. Ohak namunasiidagi kal'siyning miqdori foizlarda topilsin.

Berilgan: $q_{CaCO_3} = 0,8644g$ $a_{CaSO_4} = 0,8500g$

Topish kerak: $\%Ca = ?$

Yechish: Kal'siy sul'fatdagi kal'siyning miqdorini (grammlarda) quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$q_{Ca} = a_{CaSO_4} \cdot \frac{A_{Ca}}{M_{CaSO_4}} = 0,2502g;$$

Kal'siyning miqdorini foizlarda aniqlash uchun proporsiya tuzamiz:

$$q_{CaCO_3} \text{ — } 100 \%$$

$$q_{Ca} \text{ — } X \%$$

$$X = \frac{q_{Ca} \cdot 100}{q_{CaCO_3}}$$

$$X = \frac{0,2502 \cdot 100}{0,8644} = 28,95\%$$

11-masala

0,3 g dan ko'p bo'lmagan qizdirilgan kal'siy oksidini olish uchun necha gramm kal'siy fosfat namunasidan olish kerak bo'ladi?

Berilgan: $a_{CaO} = 0,3g$

Topish kerak: $q_{Ca_3(PO_4)_2} = ?$

Yechish: Qizdirilgan CaO cho'kmasidan kal'siyning massasini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$q_{Ca} = \frac{a_{CaO} \cdot A_{Ca}}{M_{CaO}} = \frac{0,3 \cdot 40,08}{56,08} = 0,21g$$

Birinchi variant: proporsiya tuzamiz:

310,18 g $Ca_3(PO_4)_2$ — 3 · 40,08 g Ca^{+2} ioni bo'lsa,

X g $Ca_3(PO_4)_2$ — 0,21 g Ca^{+2} ioni bo'ladi.

$$X = \frac{310,18 \cdot 0,21}{120,24} = 0,55g Ca_3(PO_4)_2$$

Ikkinchi variant: Kal'siy fosfat namunasi bo'yicha qayta hisoblash formulasidan foydalanib hisoblash mumkin:

$$q_{Ca} = \frac{q_{Ca_3(PO_4)_2} \cdot 3A_{Ca}}{M_{Ca_3(PO_4)_2}};$$

$$q_{Ca_3(PO_4)_2} = \frac{q_{Ca} \cdot M_{Ca_3(PO_4)_2}}{3A_{Ca}} = \frac{0,21 \cdot 310,18}{120,24} = 0,55g$$

12-masala

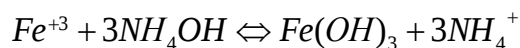
Agar tahlil uchun tarkibida 12% temir bo'lgan rudadan 0,5263 g olingan bo'lsa, temir gidroksid ko'rinishda cho'ktirish uchun zichligi 0,987 ga teng bo'lgan 2,5 foizli ammiak eritmasidan necha ml olish kerak bo'ladi?

Berilgan:

$$C = 2,5\% NH_4OH; q = 0,5263g \text{ pyda } q_{Fe} = 12\%; d_{NH_3} = 0,987g / sm^3$$

Topish kerak: $V_{NH_4OH} = ?$

Yechish: Temir ionini ammiakning suvli eritmasi bilan cho'ktirish reaksiyasini yozamiz:



Ruda tarkibidagi temirning miqdorini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$q_{Fe}^1 = \frac{q \cdot q_{Fe}}{100} = \frac{0,5263 \cdot 12}{100} = 0,0632 g Fe;$$

Choʻktirish reaksiyasi tenglamasiga binoan ammiakning gramm miqdorini aniqlaymiz:

$$55,8470 \text{ g Fe} \text{---} 3 \cdot 35,0456 \text{ g } NH_4OH,$$

$$0,0632 \text{ g Fe} \text{---} q \text{ g } NH_4OH.$$

$$q_{NH_4OH} = \frac{0,0632 \cdot 105,1368}{55,8470} = 0,1190 g NH_4OH$$

Ammiak eritmasining hajmini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$V_{NH_4OH} = \frac{q_{NH_4OH} \cdot 100}{C_{NH_4OH} \cdot d_{NH_4OH}} = \frac{0,1190 \cdot 100}{2,500 \cdot 0,9870} = 4,82 ml NH_4OH$$

13-masala

0,2000 g bariy sulʼfat choʻkmasi 400 ml suv bilan yuvilgan. Choʻkmaning qancha miqdori eritmaga oʻtgan?

Berilgan:

$$q_{BaSO_4} = 0,2000 g; V_{H_2O} = 400 ml; EK_{BaSO_4} = 1 \cdot 10^{-10}$$

Topish kerak: $\%_{BaSO_4} = ?$ $BaSO_4$ ning eritmaga oʻtgan foiz miqdori

$$\text{Yechish: } [Ba^{+2}] = [SO_4^{-2}] = \sqrt{EK_{BaSO_4}}$$

$BaSO_4$ choʻkmaning 1 l eritmadagi eruvchianligini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$E_{BaSO_4} = \sqrt{EK_{BaSO_4}} \cdot M_{BaSO_4}, g/l$$

Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini formulaga qoʻyib hisoblaymiz:

$$E_{BaSO_4} = \sqrt{1 \cdot 10^{-10}} \cdot 233,35 = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 233,35 = 0,0023 g/l BaSO_4$$

$BaSO_4$ ning foizlardagi miqdorini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$X = \frac{V_{H_2O} \cdot E_{BaSO_4}}{10 \cdot q_{BaSO_4}} = \frac{400 \cdot 0,003}{10 \cdot 0,2000} = 0,5\% BaSO_4$$

14-masala

Tahlil uchun olingan torf namunasidan 1,6340 g olingan boʻlsa, oʻzgarmas massagacha qizdirilgandan soʻng 0,4102 g kuli qoldi. Namunaning kullanganligi foizlarda hisoblansin.

Berilgan:

$$q = 1,6340 g; q_1 = 0,4102 g$$

Topish kerak: $\%_{\text{qull}} = ?$

Yechish: Namunaning kullanganligini proporsiya tuzib aniqlaymiz:

q — 100%,

q₁ — % kullanganlik.

$$\% \text{ kullanganlik} = \frac{q_1 \cdot 100}{q} = \frac{0,4102 \cdot 100}{1,6340} = 25,10\%$$

15-masala

Zichligi 1,035 g/sm³ bo'lgan 5,23 % li H₂SO₄ eritmasidan olib, 2 n li bariy xlorid eritmasi bilan SO₄⁻² anioni to'liq cho'ktirilgan. Agar cho'ktiruvchi 20% ortiqcha qo'shilgan bo'lsa necha millilitr BaCl₂ eritmasi qo'shilgan?

Berilgan:

$$d = 1,035 \text{ g / ml};$$

$$A = 5,23\% H_2SO_4$$

$$C = 2,000n BaCl_2;$$

$$V = 10,00 \text{ ml}$$

$$V_o = 20\% BaCl_2$$

Topish kerak:

$$V_{BaCl_2} = ? \quad \text{ml}$$

Yechish. Cho'ktirish reaksiya tenglamasini yozamiz:



Avval cho'ktirish uchun olingan sul'fat kislota eritmasining massasini hisoblaymiz:

$$m = d \cdot V = 1,035 \cdot 10 = 10,350 \text{ g } H_2SO_4$$

100 g H₂SO₄ eritmasida — 5,230 g H₂SO₄ bo'lsa,

10,350 g — X g H₂SO₄ bo'ladi.

$$X = \frac{10,350 \cdot 5,230}{100} = 0,5412 H_2SO_4$$

BaCl₂ ning molekulyar massasi 208,206 g/mol` ga teng.

Cho'ktirish reaksiya tenglamasiga binoan:

0,541 g H₂SO₄ — 208,206 g BaCl₂ ni cho'ktirilsa,

0,541 g H₂SO₄ — X g BaCl₂ cho'ktiradi.

$$X = \frac{208,206 \cdot 0,541}{98,078} = 1,150 \text{ g } BaCl_2$$

Birinchi variant: Bariy xloridning ekvivalent massasi 104,103 g ga teng.

1000 ml 2 n BaCl_2 eritmasida — $2 \cdot 104,103$ g BaCl_2 bo'lsa,

X ml 2 n BaCl_2 — 1,150 g BaCl_2 bo'ladi.

$$X = \frac{1,150 \cdot 1000}{208,206} = 5,520 \text{ ml BaCl}_2$$

Ikkinchi variant: Quyida ko'rsatilgan formuladan foydalanib, cho'ktirish uchun qo'shilgan BaCl_2 eritmasining hajmini hisoblaymiz:

$$q = \frac{C \cdot \vartheta}{1000} \cdot V$$

$$V = \frac{q \cdot 1000}{C \cdot \vartheta} = \frac{1,150 \cdot 1000}{104,103 \cdot 2} = 5,52 \text{ ml}$$

BaCl_2 ning ortiqcha miqdorda qo'shilgan hajmini (ml da) aniqlash uchun masalaning shartidan kelib chiqib, proporsiya tuzamiz:

100% — 5,52 ml BaCl_2 ,

20% — X ml BaCl_2 .

$$X = \frac{5,52 \cdot 20}{100} = 1,10 \text{ ml}$$

Demak, SO_4^{2-} anionini to'liq cho'ktirish uchun $5,52 + 1,10 = 6,62$ ml 2 n li BaCl_2 eritmasi qo'shilgan.

16-masala

Toza organik birikmalarning formulasi $\text{C}_6\text{H}_{6-x}\text{OCl}_x$ bo'lgan 0,1500 g namunaning parchalanishidan hosil bo'lgan xlorid-ioni kumush xlorid ko'rinishda cho'ktirildi va o'lchandi. Cho'kmaning massasi 0,4040 g ga teng. X kattalikni hisoblang va organik birikmalarning haqiqiy formulasini yozing.

Berilgan:

$$q = 0,1500 \text{ g C}_6\text{H}_{6-x}\text{OCl}_x, q_1 = 0,4040 \text{ g AgCl}$$

Topish kerak: X = ?

Yechish: Xlorid ionining miqdorini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$q_{\text{Cl}^-} = \frac{q_1 \cdot A_{\text{Cl}}}{M_{\text{AgCl}}} = \frac{0,4040 \cdot 35,4530}{143,3210} = 0,099 \text{ g Cl}^-$$

Organik moddaning namunasida necha foiz xlor borligini bilish uchun proporsiya tuzamiz:

q — 100%,

q_{Cl^-} — X %

100

$$X = \frac{0,0999 \cdot 100}{0,1500} = 66,6\%$$

Formuladagi organik qoldiqning va xlarning foizli nisbatlarini aniqlaymiz:

$$\frac{33,4}{66,6} = \frac{1}{2},$$

Demak, $X=2$ ga teng ekan. Organik birikmaning koʻrinishi quyidagi koʻrinishga ega ekan: $C_6H_4OCl_2$

17-masala

Toʻyingan kalomelʼ elektrodga nisbatan katodning qanday potensialida simob-ionining suvli eritmasidagi konsentratsiyasi $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$ gacha pasayadi?

Berilgan: $[Hg^{+2}] = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$

Topish kerak: $E_{t.k.e.nisb.} = ?$

Yechish: Adabiyot maʼlumotlaridan foydalanib, simobning standart potensialini aniqlaymiz:



Eritmadan tok oʻtkazsak, katodda simob metali, anodda kislorod ajralib chiqadi. Yacheykada sodir boʻlgan reaksiya tenglamasini yozamiz:



Katodning potensialini Nernst tenglamasidan foydalanib hisoblaymiz:

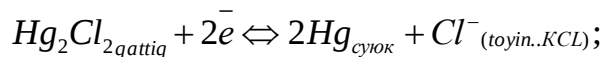
$$E = E^{\circ}_{Hg^{+2}/Hg} + \frac{0,059}{n} \lg [Hg^{+2}]$$

Bu yerda, n -qabul qilingan elektron soni.

Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini tenglamaga qoʻyib hisoblaymiz:

$$E = 0,854 + \frac{0,059}{2} \lg 1,0 \cdot 10^{-6} = 0,854 - \frac{0,059 \cdot 6}{2} = 0,854 - 0,177 = 0,677V$$

Toʻyingan kalomelʼ elektrodning standart potensialini adabiyot maʼlumotidan foydalanib aniqlaymiz:



$$E^{\circ}_{K.E.} = +0,240V$$

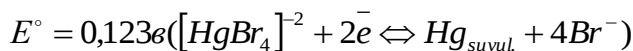
Katodning toʻyingan kalomelʼ elektrodga nisbatan potentsiali elektrodning potentsiallarini farqiga teng:

$$E_{T.K.E.nisb} = E - E^{\circ}_{K.E.} = 0,678 + 0,240 = 0,438V$$

18-masala

To'yingan kalomel` elektrodga nisbatan katodning qanday potensialida bromid-ionining muvozanat konsentratsiyasi $0,250 \text{ mol/l}$ ga teng bo'lgan suvli eritmasida simob ionining muvozanat konsentratsiyasi $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$ gacha pasayadi?

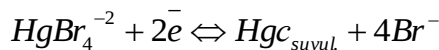
Berilgan: $[Hg^{+2}] = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$ $[Br^-] = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ mol/l}$



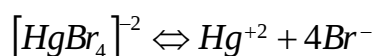
Bu yerda, E° -simobning bromid-ioni eritmasidagi standart potentsiali.

Topish kerak: $E_{t.k.e.nisb.} = ?$

Yechish: Katodning potensialini Nernst formulasi yordamida hisoblash mumkin:



$$E = E^\circ + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[HgBr_4^{-2}]}{[Br^-]^4}$$



Bu tenglamaga binoan: $[HgBr_4^{-2}] = [Hg^{+2}] = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$

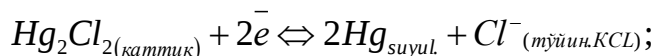
Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini Nernst tenglamaga qo'yib, quyidagi natijalarni olamiz:

$$\begin{aligned} E &= 0,223 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{(2,5 \cdot 10^{-1})^4} = 0,223 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{3,906 \cdot 10^{-3}} = 0,223 + \frac{0,059}{2} \lg 2,560 \cdot 10^{-4} = \\ &= 0,223 - \frac{0,059 \cdot 3,592}{2} = 0,223 - 0,106 = 0,117\text{e} \end{aligned}$$

Katodning to'yingan kalomel` elektrodga nisbatan potentsiali elektrodning potentsiallarining farqiga teng:

$$E_{T.K.E.} = E_{nisb} - E_{T.K.E.}^0$$

To'yingan kalomel` elektrodning potentsiali adabiyot ma'lumotlariga binoan:



$$E^\circ_{T.K.E.} = +0,24\text{e}$$

YOzilgan kattaliklarning son qiymatlarini tenglamaga qo'yib hisoblaymiz:

$$E_{T.K.E.nisb.} = 0,117 - (+0,240) = -0,123\text{e}$$

Masala 19

Mis $[Cu^{+2}]$ ionini Cu^0 gacha elektrogravimetrik cho'ktirishda elektrod sirtidagi konsentratsiyasi 10^{-5} m ga teng, eritmadagi konsentratsiyasi 10^{-3} m ga teng. Elektrodning konsentrasyon kuchlanganligi hisoblansin.

Berilgan: $[Cu^{+2}]_1 = 10^{-5} \text{ m}$; $[Cu^{+2}]_2 = 10^{-3} \text{ m}$;

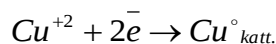
$$E^{\circ} = 0,345\text{e}$$

Topish kerak: $\eta = ?$ konsentrasyon kuchlanganlik.

Yechish: Agar elektrodning potentsiali konsentrasyon potentsialdan farq qilsa, Nernst tenglamasining hisobi bo'yicha u qutblangan hisoblanadi. Qutblanish kattaligi elektrodning konsentrasyon kuchlanganligini ifodalaydi va u quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\eta = E_{\text{kons.}} - E_{\text{elektrod}}$$

Agar elektrodda qaytarilish (yoki oksidlanish) jarayon tezligi juda katta bo'lsa, qaytariluvchi (yoki oksidlanuvchi) modda eritmasining elektrod yaqinidagi konsentratsiyasi elektroddan uzoqroqdagi konsentratsiyasidan farq qiladi. Ana shunda konsentrasyon qutblanish yuzaga keladi. Katodda quyidagi jarayon boradi:



$$E^{\circ} = 0,345\text{e}$$

Elektrodning potentsialini Nernst formulasi bo'yicha hisoblaymiz:

$$E_{\text{elektrod}} = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg[\text{Cu}^{+2}]_2$$

$$E_{\text{elektrod}} = 0,345 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-3} = 0,345 - \frac{0,059 \cdot 3}{2} = 0,345 - 0,089 = 0,256\text{e}$$

Konsentrasyon qutblanish natijasida hosil bo'lgan potentsialning qiymatini hisoblaymiz:

$$E_{\text{kons.}} = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg[\text{Cu}^{+2}]_1 = 0,345 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-5} = 0,345 - \frac{0,059 \cdot 5}{2} = 0,345 - 0,148 = 0,197\text{e}$$

Konsentrasyon kuchlanganlikni quyidagi formula bo'yicha hisoblaymiz:

$$\eta = E_{\text{kons.}} - E_{\text{elektrod}} = 0,197 - 0,256 = -0,059\text{e}$$

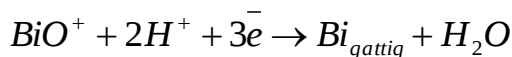
20-masala

Tarkibida $0,150 \text{ mol/l BiO}^+$ va $0,600 \text{ m HClO}_4$ bo'lgan eritmadan katodda vismut ajralib chiqqan. Yuzasi 20 sm^2 ga teng bo'lgan platinali anodda kislorodning ajralib chiqqanligi aniqlangan. Yacheykaning qarshiligi $1,300 \text{ Om}$ ga teng. Kislorodning kuchlanganligi aniqlansin.

Berilgan: $[\text{BiO}^+] = 0,150 \text{ mol/l}$; $C_{\text{HClO}_4} = 0,600 \text{ M}$; $S = 20 \text{ cm}^2$; $R = 1,300 \text{ Om}$

Topish kerak: $\eta_{\text{O}_2} = ?$ kislorodning kuchlanganligi.

Yechish: Adabiyot ma'lumotidan standart potentsialni topamiz:



$$E^{\circ} = 0,320\text{e}$$

Nernst tenglamasidan katodning potentsialini hisoblaymiz:

$$E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg[BiO^{+}] \cdot [H^{+}]^2$$

$$E = 0,345 + \frac{0,059}{3} \lg[0,15 \cdot (0,6)^2] = 0,320 + \frac{0,059}{3} \lg 0,054 = 0,320 - 0,025 = 0,295\text{e}$$

1 mol` HClO<sub>4</sub> dissosiyalanganda 1 mol` N⁺ hosil bo`lsa, 0,6 mol` HClO₄ dan 0,6 mol` H<sup>+</sup> hosil bo`ladi. Yacheykaning potentsiali va qarshiligini bilgan holda, quyidagi formula yordamida tok kuchini aniqlash mumkin:

$$J = \frac{E}{R} = \frac{0,295}{1,300} = 0,227\text{ A}$$

Anoddagi tokning zichligini (a) quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$a = \frac{J}{S} = \frac{0,227}{20} = 0,0114\text{ A/sm}^2$$

10-jadvaldan tokning zichligiga qarab, kislorodning kuchlanganligini aniqlaymiz. Tokning zichligi 0,01 da platina elektrodi uchun 0,85 v ga teng.

21-masala

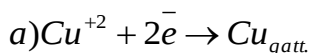
Ichki elektroliz uchun yacheykaning katod bo`limiga 50 ml 0,200 mol`/l li mis [Cu⁺²] eritmasi va mis elektrodi tushirilgan. Anod bo`limiga 25,0 ml 5,00·10<sup>-4</sup> mol`/l li rux [Zn⁺²] eritmasi va rux elektrodi tushirilgan. Yacheykaning qarshiligi 7,5 Om ga teng. a) tok o`tishdan oldin yacheykaning boshlang`ich potentsiali va b) elektrodlar o`tkazgich bilan qisqa ulangandan keyin tokning boshlang`ich kuchi aniqlansin.

Berilgan: V_{Cu⁺²} = 50,0 ml; V_{Zn⁺²} = 25,0 ml; [Cu⁺²] = 2,00·10⁻¹ mol`/l;

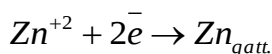
$$[Zn^{+2}] = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}; R = 7,5 \text{ Om}$$

Topish kerak: E=? J=?

Yechish: Adabiyot ma`lumotidan standart potentsialni topamiz:



$$E^{\circ} = 0,337\text{e}$$



$$E^{\circ} = -0,763\text{e}$$

[Cu⁺²] va [Zn⁺²] ionlarning berilgan xajmlaridagi konsentrasiyalarini aniqlaymiz:

2,00·10⁻¹ mol` Cu<sup>+2</sup> 1000 ml eritmada bo`lsa,

X mol` Cu<sup>+2</sup> 50 ml bo`ladi.

$$X = \frac{2,00 \cdot 10^{-1} \cdot 50}{1000} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l} [Cu^{+2}]$$

5·10⁻⁴ mol` Zn<sup>+2</sup> 1000 ml eritmada bo`lsa,

X mol` Zn<sup>+2</sup> 25 ml bo`ladi.

$$X = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 25}{1000} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} [Zn^{+2}]$$

Katod va anodning potentsiallarini Nernst tenglamasi bo'yicha hisoblaymiz:

$$E_{Cu^{+2}} = E^{\circ}_{Cu^{+2}} + \frac{0,059}{n} \lg[Cu^{+2}]$$

$$E_{Zn^{+2}} = E^{\circ}_{Zn^{+2}} + \frac{0,059}{n} \lg[Zn^{+2}]$$

Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini tenglamaga qo'yib hisoblaymiz:

$$E_{Cu^{+2}} = 0,337 + \frac{0,059}{2} \lg 1,00 \cdot 10^{-2} = 0,337 - 0,059 = 0,278\text{e}$$

$$E_{Zn^{+2}} = 0,763 + \frac{0,059}{2} \lg 1,25 \cdot 10^{-5} = -0,763 - \frac{0,059 \cdot 4,903}{2} = -0,763 - 0,145 = -0,908\text{e}$$

Yacheykaning boshlang'ich potentsiali katod va anodlarning potentsiallari farqiga teng:

$$E = E_{Cu^{+2}} - E_{Zn^{+2}} = 0,2779 - (-0,9079) = 1,1858 \approx 1,19\text{e}$$

b) Elektrodlar o'tkazgich bilan qisqa ulangandan so'ng tokning boshlang'ich kuchi sistemaning potentsialini yacheyka qarshiligiga bo'lgan nisbatiga teng:

$$J = \frac{E}{R} = \frac{1,19}{7,5} = 0,158\text{A}$$

X – bob. Titrimetrik tahlil

Miqdoriy tahlilda, ekvivalent miqdordao'zaro reaksiyaga kirishayotgan modda eritmalarining hajmini o'lchashga asoslangan usulni titrimetrik usul deyiladi.

Titrlashda ishlatiladigan, konsentrasiyasi aniq bo'lgan reagent eritmaga standart eritma deyiladi.

Titrimetrik usul tahlilda qo'llaniladigan reaksiyalarning turiga qarab, to'rtta guruhga bo'linadi: *neytrallashtirish (kislota-asos)*, *cho'ktirish*, *kompleks hosil qilish va oksidlanish-qaytarilish* usullariga bo'linadi. Bu usullar bir-birlaridan ishlatiladigan moddaning tabiati, indikatorlari, reagentlari va birlamchi standartlari bilan Shuningdek, ekvivalent massani aniqlash yo'llari bilan farq qiladi. Suvsiz eritmalarining keng miqyosda ishlatilishi, yangi guruh usulining paydo bo'lishiga olib keldi. Bunday usulga "suvsiz eritmalarini titrlash" degan nom berildi. Titrimetrik tahlilda titrlash usuliga qarab, to'g'ri titrlash usuli, o'rin olish usuli va teskari titrlash (qoldiqni titrlash) usullariga bo'linadi. Tahlil qilinayotgan modda eritmasiga konsentrasiyasi aniq bo'lgan eritmadan oz-ozdan qo'shib borish jarayoniga titrlash deyiladi. Titrlash jarayonida

ortiqcha reagent qo'shilmasdan, balki aniqlanadigan modda miqdoriga kimyoviy ekvivalent bo'lgan, reaksiya tenglamasiga aniq javob beradigan miqdori qo'shiladi.

Titrimetrik tahlilda natijalarning hamma hisoblari ekvivalentlikka asoslangan. Shuning uchun titrlash jarayonida ekvivalent nuqtani aniqlash kerak bo'ladi. Foydalanilayotgan tahlil usuliga va reaksiya jarayonining borishiga qarab ekvivalent nuqtani aniqlash usuli har xil bo'ladi. Masalan, kislota-asos titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlashda indikator usuli qo'llaniladi, garchi boshqa instrumental usullar (pH – metrli, potensiometrlri va hokazo) bo'lsa ham. Ekvivalent nuqtani aniqlashda har qanday o'lchashlar absolyut aniq bo'lmasdan, ayrim xatolikka yo'l qo'yiladi (I- bobga qaralsin). Masalan, kislota-asos usuli bilan titrlashda, ekvivalent nuqtaning pH qiymati indikatorning titrlash ko'rsatkichi (pT) qiymatiga to'g'ri kelmaydi, natijada indikator xatoga yo'l qo'yadi. Agar ekvivalent nuqtada $pT < pH$ bo'lsa, xatolik ortiqcha H^+ ioni hisobiga kelib chiqib, vodorodli xato deyiladi yoki H^+ - xatolik deyiladi.

Agar ekvivalent nuqtada $pT > pH$ bo'lsa, xatolik ortiqcha OH^- ioni hisobiga kelib chiqib, gidroksil xatolik yoki $[OH^-]$ – xatolik deyiladi.

Agar kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlansa, kelib chiqqan xatoni kislotali xato yoki (HAn) va asosli xatoni gidroksil xato yoki (MeOH) deyiladi. Xatolikning belgisi ham muhim ahamiyatga ega bo'ladi: Masalan, H^+ - xato va HAn xatolikka “–” minus belgisi to'g'ri keladi. OH^- - xatolik va MeOH xatolikka “+” to'g'ri keladi. Bu qo'llanmada xatolikni hisoblash uchun formulalar keltirilgan bo'lib, ularga to'liq tushunchalar berilmagan, chunki xatoliklar o'quv adabiyotlarida to'liq yoritib berilgan.

1. Vodorodli titrlash xatoligi foizlarda quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$H^+ - xatolik = \frac{10^{-pT} \cdot V_2}{C \cdot V_1} \cdot 100\%$$

bu yerda, pT - indikatorning titrlash ko'rsatkichi;

C – titrlanayotgan kislotaning konsentratsiyasi;

V_1 – kuchli kislotaning hajmi, ml;

V_2 – titrlash oxiridagi eritmaning umumiy hajmi, ml.

2. Gidroksilli titrlash xatoligi foizlarda quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$OH^- - xatolik = \frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{C \cdot V_1} \cdot 100\%$$

3. Kislotali titrlash xatolik (NAn), bu xatolik titrlash oxirida eritmada kuchsiz kislotaning ionlanmay qolgan molekulalarning hisobiga paydo bo'lgan xatolik bo'lib, quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$HAn - xatolik = 10^{pK - pT} \cdot 100\%$$

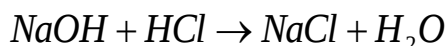
4. Ishqorli titrlash xatolik (MeOH), bu xatolik titrlash oxirida eritmada kuchsiz asosning ionlanmay qolgan molekulalarning hisobiga paydo bo'lgan xatolik bo'lib, quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$MeOH - xatolik = 10^{pK + pT - 14} \cdot 100\%$$

Titrlash jarayonlarni quyidagi usullar bilan olib borish mumkin:

a) *to'g'ri titrlash usuli* – bunda aniqlanadigan ionni reagent eritma bilan titrlanadi (yoki teskari).

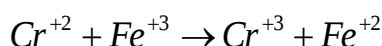
Masalan:



(indikator bilan)

b) *o'rin olish usuli* – bu usul aniqlanadigan ion to'g'ridan – to'g'ri ishchi eritma bilan reaksiyaga kirisha olmaydi yoki ekvivalent nuqtani aniqlash qiyin bo'lgan hollarda ishlatiladi.

Masalan:



Bunda, Cr^{+2} ionni havo kislorodi bilan oson oksidlangan uchun, uni Fe^{+2} ionni bilan almashtirib kislotali sharoitda $KMnO_4$ bilan osongina titrlanadi. Bunda, Fe^{+2} ionning miqdori Cr^{+2} ionni bilan almashgan miqdoriga ekvivalent bo'ladi.

d) *teskari titrlash* – bunda aniqlanayotgan eritma ustiga ortiqcha miqdorda reagent eritma quyiladi va ortib qolgan reagent miqdori boshqa reagent bilan titrlanadi.

Masalan:



bunda, ortib qolgan HCl ni ishqor bilan titrlanadi. Namunadagi $CaCO_3$ ni eritish uchun sarflangan HCl ning miqdorini aniqlab, $CaCO_3$ ning miqdori hisoblab topiladi.

Titrimetrik usulda eritma konsentrasiyasi ko'pincha titr va normal konsentrasiyalar bilan ifodalanadi. Eritmaning titri (T) deb, 1sm^3 yoki bir millilitr eritmadagi modda massasiga aytiladi. Masalan, Na_2CO_3 ning titri $0,002731\text{ g/ml}$ ga teng. Bu esa natriy karbonat eritmasining har bir millimetrida $0,002731\text{ g}$ Na_2CO_3 borligini ko'rsatadi va

$$T_{Na_2CO_3} = 0,002731\text{ g / ml}$$

deb yoziladi.

Eritmaning titrini empirik formula yordamida hisoblash mumkin:

$$T = \frac{q}{V}; \text{g / ml}$$

bu yerda, q – moddaning eritmadagi massasi, g ;

V – eritmaning hajmi, ml .

Aniqlanayotgan modda bo'yicha titri deb, bir millilitr ishchi eritmaga ekvivalent bo'lgan aniqlanuvchi moddaning gramm miqdoriga aytiladi.

Masalan,

$$T_{H_2SO_4 / NaOH} = 0,0042\text{ g / ml}$$

Bu esa 1 ml sul'fat kislota $0,0042\text{ g}$ $NaOH$ ni titrlaganini ko'rsatadi.

Aniqlanuvchi modda bo'yicha titrining aniqlovchi modda titriga bo'lgan nisbati Shu moddalar ekvivalent massalarining nisbatiga teng bo'ladi:

$$\frac{T_{H_2SO_4/NaOH}}{T_{H_2SO_4}} = \frac{E_{NaOH}}{E_{H_2SO_4}}$$

$$T_{H_2SO_4/NaOH} = T_{H_2SO_4} \cdot \frac{E_{NaOH}}{E_{H_2SO_4}}$$

Bir litr yoki bir kub desimetr eritmadagi erigan moddaning gramm – ekvivalent miqdoriga normal eritma deyiladi. Moddaning ekvivalent massasi deb, 1,008 g vodorodni biriktira oladigan yoki almasha oladigan modda yoki elementning gramm miqdoriga aytiladi. Konsentrasiyasi bir xil bo'lgan eritmalarda bir xil hajmda reaksiya boradi:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1} \text{ yoki}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Modda massasini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$q = \frac{C \cdot V \cdot \vartheta}{1000}$$

Namunadagi aniqlanayotgan moddaning foiz konsentrasiyasi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$q(\%) = \frac{C \cdot V \cdot \vartheta}{1000}$$

Ayrim hollarda eritma tayyorlash uchun moddaning nazariy hisoblangan miqdorini olmasdan unga to'g'rilagich koeffisienti kiritiladi.

To'g'rilagich koeffisienti deb, amalda tortib olingan namunaning miqdorini nazariy hisoblangan miqdoriga bo'lgan nisbatiga aytiladi:

(C – tayyorlangan eritmaning normal konsentrasiyasi,

C₁ – nazariy hisoblangan moddaning normal konsentrasiyasi: C=K· C₁).

10.1. Kislota – asos titrlash

Kislota – asos titrlash usuli kislota – asos reaksiyasiga asoslangan usulga aytiladi. Bu usul kimyoviy tahlilda keng miqyosda qo'llaniladi. Kuchli kislotani kuchli ishqor titrlayotganda ekvivalent nuqtada pH ning qiymati keskin o'zgaradi, Shuning uchun kislota – asos titrlashda standart eritmalarini kuchli kislota yoki kuchli ishqorlardan tayyorlanadi. HCl va H₂SO₄ larning standart eritmalarini ularning konsentrlangan eritmalaridan sultirib tayyorlash mumkin, bunda ularni natriy karbonat yoki birlamchi asoslarning standart eritmalaridan foydalanib standartlashtirish mumkin.

Kislota – asos titrlash usuli bilan kislota – asos xususiyatiga ega boʻlgan noorganik, organik, biologik moddalarning miqdorini aniqlash mumkin. Masalan, bu usul suvning karbonatli qattiqligini aniqlashda ishlatiladi. Suvning qattiqligi odatda umumiy, vaqtincha va doimiy qattiqlikka boʻlinadi:

Vaqtincha (karbonatli, yoʻqoladigan) qattiqlik – bu , suvda erigan kalʼsiy, magniy, ayrim xollarda temir gidrokarbonatlarining miqdorlari bilan belgilanadi. Suvni qaynatish bilan bu qattiqlikni yoʻqotish mumkin:



Doimiy qattiqlik – kalʼsiy va magniyning sulʼfat, xlorid, fosfat va boshqa suvda eriydigan tuzlari bilan belgilanadi. Suvning doimiy qattiqligini qaynatib yoʻqotib boʻlmaydi. Vaqtincha va doimiy qattiqliklar summasi suvning umumiy qattiqligini beradi. Suvning umumiy qattiqligi Ca^{+2} , Mg^{+2} ionlarining bir litr suvdagi milligramm – ekvivalent miqdorlari summasi bilan ifodalanadi. Ca^{+2} ionining 1 mg-ekv/l 20,04 mg/l ga yoki 12,16 mg/l Mg^{+2} ioniga teng.

$$J_{um} = \frac{C_{Ca^{+2}}}{20,04} + \frac{C_{Mg^{+2}}}{12,16}$$

Ayrim xollarda ilmiy va oʻquv adabiyotlarda suvning qattiqligi graduslarda beriladi: masalan, 1° (nemischa)=0,3566 mg-ekv; 1 mg-ekv=2,804° (nemischa)=5,005° (fransuzcha).

10.2. Titrlash egri chiziqlari

Titrlash egri chiziqlari deb, titrlash jarayonida eritma pH ining titrlash uchun sarflangantitrantning hajmiga bogʻliq boʻlgan egri chiziqqa aytiladi. Titrlash egri chiziqlari titrlash jarayonini miqdoran xarakterlab berishi bilan bir qatorda u yoki bu indikatorni tanlashda nazariy asoslab beradi. Titrlash egri chizigʻini qurish uchun titrlash jarayonida titrlanayotgan eritmaning pH ini hisoblash kerak boʻladi. Eritma pH i moddaning tabiatiga va reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentrasiyalariga hamda reaksiya mahsulotlariga bogʻliq boʻladi.

1. Bir asosli kuchli kislota kuchli asos bilan titrlashda eritmaning rN ini hisoblash.

Kislotaning boshlangʻich pH qiymati uning konsentrasiyasi orqali quyidagi formula orqali topiladi:

$$pH = -\lg[H_3O^+] \quad (1)$$

Eritmaga titrant qoʻshilishi bilan kislotaning konsentrasiyasi oʻzgarib boradi va ekvivalent nuqtagacha quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$[H_3O^+] = \frac{C_{k-ta} \cdot V_{k-ta} - C_{asos} \cdot V_{asos}}{V_{k-ta} + V_{asos}} \quad (2)$$

$$pH = -\lg[H_3O^+]$$

Ekvivalent nuqtada ortiqcha kislota ham ishqor ham bo'lmaydi. Eritmaning pH qiymati suvning ionlanish konstantasi orqali quyidagi formula orqali topiladi:

$$pH = \frac{1}{2} pK_{H_2O} \quad (3)$$

Ekvivalent nuqtadan o'tgandan so'ng eritmaning pH qiymati ortiqcha quyilgan ishqorning konsentrasiyasi orqali quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$[OH^-] = \frac{C_{asos} \cdot V_{asos} - C_{k-ta} \cdot V_{k-ta}}{V_{asos} + V_{k-ta}} \quad (4)$$

$$pOH = -\lg[OH^-]$$

$$pH = 14 - pOH \quad (5)$$

2. Kuchsiz bir asosli kislota kuchli asos bilan titrlashda eritmaning pH qiymatini hisoblash.

Kislotaning boshlang'ich pH qiymati uning konsentrasiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$pH = \frac{1}{2} pK_{k-ta} - \frac{1}{2} \lg C_{k-ta} \quad (6)$$

Kuchsiz kislota eritmasi kuchli ishqor (titrant) qo'shilgan bufer aralashma hosil bo'ladi. Bufer eritmadagi ikkala komponentning umumiy konsentrasiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$C_{m3} = \frac{C_{asos} \cdot V_{asos}}{V_{asos} + V_{k-ta}}$$

Kislotaning konsentrasiyasini (2) formula bilan aniqlab, titrlanayotgan eritmaning pH qiymati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$pH = \frac{1}{2} pK_{k-ta} - \lg \frac{C_{k-ta}}{C_{tuz}} \quad (8)$$

Kuchsiz bir asosli kislota kuchli asos bilan titrlanganda ekvivalent nuqtada tuz hosil bo'lib, u suvli eritmada gidrolizlanadi va eritmaning pH qiymati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{k-ta} - \frac{1}{2} \lg C_{tuz} \quad (9)$$

Ekvivalent nuqtadan o'tgandan so'ng eritmaning pH qiymati (5) formula yordamida hisoblanadi.

3. Kuchsiz bir kislotali asosni kuchli kislota bilan titrlashda eritmaning pH qiymatini hisoblash.

Titrlanayotgan eritmaning boshlang'ich pH qiymati kuchsiz asosning gidroksil ionlarini konsentrasiyasi bo'yicha hisoblanadi:

$$pH = 14 - \frac{1}{2} pK_{asos} + \frac{1}{2} \lg C_{asos} \quad (9)$$

Kuchsiz asosli titrlanayotgan eritmaga kuchli kislota qo'shilganda bufer aralashma hosil bo'ladi va eritmaning pH qiymati ekvivalent nuqtagacha quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

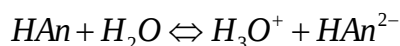
$$pH = 14 - \frac{1}{2} pK_{asos} + \frac{1}{2} \lg \frac{C_{asos}}{C_{tuz}} \quad (10)$$

Ekvivalent nuqtada titrlanayotgan eritmaning pH qiymati quyidagi formula yordamida topiladi:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_{asos} - \frac{1}{2} \lg C_{tuz} \quad (11)$$

Ekvivalent nuqtadan o'tgandan so'ng ortiqcha qo'shilgan kuchli kislota titrlash jarayonida hosil bo'lgan tuzning gidrolizlanishini to'xtadi va eritmaning pH qiymati titrantning konsentrasiyasi bo'yicha (2) hisoblanad:

4. Ko'p asosli kislotalar kuchli asos bilan titrlash. Ko'p asosli kislotalar bosqichli dissosiyalanadi va ularning titrlash egri chiziqlari murakkab ko'rinishda bo'ladi:



$$K_1 = \frac{[H_3O^+] \cdot [HAn^-]}{[H_2An]}$$

$$K_2 = \frac{[H_3O^+] \cdot [An^{2-}]}{[HAn^-]}$$

Kislotaning bosqichli ionlanish konstantalarining nisbati 10^3 dan kichik bo'lsa, reaksiyaga kirishuvchi modda konsentrasiyalarini, hosil bo'lgan mahsulotlarini va pH qiymatlarini hisoblash murakkablashadi.

Gidroksoniy $[H_3O^+]$ ionining konsentrasiyasini aniqlash uchun to'liq kvadrat tenglamani Yechish kerak bo'ladi:

$$K_1 = \frac{[H_3O^+]^2}{C_{k-ta} - [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 = K_1 (C_{k-ta} - [H_3O^+])$$

$$[H_3O^+]^2 + K_1 \cdot [H_3O^+] - K_1 \cdot C_{k-ta} = 0$$

$$[H_3O^+]_{1,2}^2 = \frac{-K_1 \pm \sqrt{(K_1)^2 - 4K_1 \cdot C_{k-ta}}}{2}$$

$[H_3O^+]$ ionining konsentrasiyasini aniqlab, eritmaning pH qiymati (1) formula yordamida hisoblanadi.

Birinchi ekvivalent nuqtadagi gidroksoniy tonlarning konsentrasiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$[H_3O^+]^2 = \sqrt{\frac{K_1 \cdot K_2 \cdot C_{HAn^-}}{K_1 + C_{HAn^-}}}$$

pH qiymati (1) formula yordamida hisoblanadi. Ekvivalent nuqtadan o'tgandan so'ng qzo'lgan ortiqcha titrant eritmada titrlanmay qolgan $[HAn^-]$ kislota va anion $[An^{-2}]$ lardan tashkil topgan yangi bufer eritma hosil bo'lishiga olib keladi. $[An^{-2}]$ ning konsentrasiyasini (4) formula yordamida, $[HAn^-]$ ning konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$C_{HAn^-} = \frac{V_{k-ta} \cdot C_{k-ta} - (C_{asos} \cdot V_{asos} + V_{k-ta} \cdot C_{k-ta})}{V_{asos} + V_{k-ta}}$$

$[H_3O^+]$ ionining konsentrasiyasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$K_2 = \frac{[H_3O^+] \cdot (C_{asos} \cdot V_{asos} + V_{k-ta} \cdot C_{k-ta})}{V_{acoc} \cdot V_{k-ma} - (C_{asos} \cdot V_{asos} + V_{k-ta} \cdot C_{k-ta})}$$

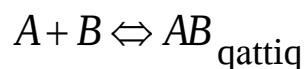
Ikkinchi ekvivalent nuqtadagi An^{-2} anionlarning konsentrasiyasi va eritmaning pH qiymatlari (9) formula yordamida topiladi. Ikkinchi ekvivalent nuqtadan o'tgandan so'ng eritmaga qo'shilgan ortiqcha kuchli asosning konsentrasiyasi va eritmaning pH qiymatlari (4) va (5) formulalar yordamida hisoblanadi.

Titrlash jarayonida eritmaning o'zgarayotgan pH qiymati topilgandan so'ng, eritmaning pH qiymati titrantning hajmiga bog'liq bo'lgan titrlash egri chiziqlarini qurish mumkin. Titrlash egri chizig'ida bitta yoki bir nechta sakrashlar bo'lib, ularning qiymatlari titrlanayotgan modda va titrantning tabiati hamda konsentrasiyasiga bog'liq bo'ladi. Titrlash egri chiziqlarini qurish bo'yicha keltirilgan masalalarda aniqroq ko'rib chiqiladi. Titrlash egri chiziqlarining chuqurroq nazariyalari bilan o'quv adabiyotlarida tanishish mumkin.

10.3. Titrimetrik tahlilda titrlashning cho'ktirish usuli

Titrimetrik tahlilda modda ionlarini kameruvchan birikmaga aylantirib aniqlash usulini titrlashning cho'ktirish usuli deyiladi. Titrlashning cho'ktirish usuli ishchi eritmaning turiga qarab, argentometriya ($AgNO_3$), merkurometriya (Hg_2NO_3)₂, merkurimetriya $Hg(NO_3)_2$ usullariga bo'linadi.

Cho'ktirish usuli bo'yicha titrlashda cho'ktiruvchi ekvivalent nisbatda olinadi. Titrlash uchun sarflangan ishchi eritmaning hajmiga qarab moddaning miqdori haqida xulosa qilinadi. Cho'ktirish usulida foydalaniladigan reaksiyani umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:



Ushbu reaksiyaning muvozanat konstantasini eruvchanlik ko'paytmasi deyiladi (VI bobga qaralsin):

$$EK = [A] \cdot [B];$$

$$REK = -\lg[A] - \lg[B];$$

$$REK = pA + pB$$

Cho'ktirish usulining titrlash egri chiziqlari kislota-asos titrlash egri chiziqlari kabi juda muhim bo'lib, indikator tanlashda, titrlashning xatosini hisoblashda juda zarurdir. Bundan tashqari, u titrlash jarayonini tavsiflash uchun miqdoriy jihatdan xizmat qiladi. Cho'ktirish usulining titrlash egri chizig'i grafik ko'rinishda pA (kation konsentrasiyasining manfiy logarifmi)ning yoki pV (anion konsentrasiyasining manfiy logarifmi)ning V hajm (titrantning millimetrdagi hajm)ga bog'liq bo'lgan egri chiziqqa aytiladi. Titrlash egri chizig'ini qurish uchun titrlash jarayonda o'zgarib borayotgan kation va anionlarning konsentrasiyalarini cho'kmaning eruvchanlik nazariyasidan foydalanib bilib borish zarur bo'ladi.

Ekvivalent nuqttagacha [A] moddaning konsentrasiyasi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$[A] = \frac{C_A \cdot V_A - C_B \cdot V_B}{V_A + V_B} + \frac{EK}{[B]}$$

Ekvivalent nuqtadan keyin eritmada ortiqcha titrant [B] modda bo'lib, uning konsentrsiyasi quyidagi formula yordamida topiladi:

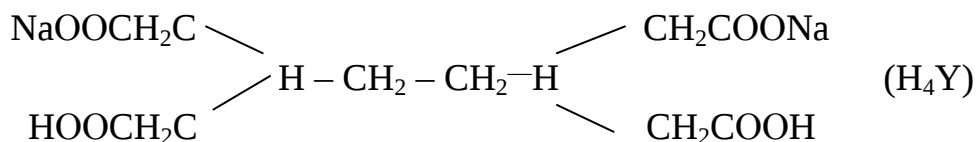
$$\text{Ekvivalent nuqtada } [A] = [B] = \sqrt{EK}$$

Titrlanayotgan moddaning va titrantning konsentrasiyalari qancha katta bo'lsa, titrlash egri chiziqda sakrash Shuncha katta va yaqqol ko'rinadi. Titrlash jarayonida hosil bo'lgan modda qanchalik kam eruvchan bo'lsa, shuncha reaksiya to'liq boradi va ekvivalent nuqtada pK ning o'zgarishi shunchalik katta bo'ladi.

Kompleksonometrik titrlash usuli.

Titrimetrik tahlilda kompleks hosil qilish reaksiyasiga asoslangan usulni kompleksonometrik titrlash usuli deyiladi (kompleks birikmalarnig hosil bo'lishi, dissosiyalanishi va barqarorligi VIII-bobda berilgan). Ishqoriy metallardan tashqari ko'pgina metall ionlarini kompleksonometrik usul bilan aniqlash mumkin. Bunda titrlash jarayonda titrlanayotgan eritmaning pH qiymatini bufer aralashma yordamida doimiy, birday ushlab turish kerak bo'ladi. Bunda aniqlanuvchi metall ion beqaror kompleks birikma hosil qiluvchi metalloxrom indikator ishtirokida barqaror kompleks hosil qiluvchi standart eritma bilan titrlanadi.

Kompleksonometrik titrlash usulida muhim titrant sifatida etilendiamintetrasirka kislota (EDTA) ishlatiladi:



1. EDTA ko'pgina metall ionlari (Ag^+ , Al^{+3} , Ba^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cd^{+2} , Fe^{+2} , La^{+3} , Ce^{+3} , Co^{+2} va boshqalar) bilan mustahkam barqaror kompleks hosil qiladi;
2. EDTA kompleks ionlari bilan doim 1:1 nisbatda reaksiyaga kirishadi;
3. EDTA o'zining 4 ta karboksil guruhi va 2 ta azot atomi yordamida koordinasion bog' hosil qilib. Geksadentantli ligand vazifasini bajaradi;
4. Metall ionlarining EDTA bilan hosil qilgan komplekslari suvda yaxshi eriydi. Ko'pchiligi eritmada rangsiz yoki kuchsiz rangli bo'ladi.

Titrlash uchun ko'pincha EDTA ning suvda yaxshi eriydigan ikki natriyli tuzi ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$) ishlatiladi. Kompleksonometrik titrlash egri chizig'i deb, metall ionining maniy logarifmli konsentrasiyasini (pM) titrantning hajmi (V) ga bog'liq bo'lgan egri chizig'iga aytiladi. Kompleksonometrik titrlash egri chizig'ini qurishda rM ni hisoblash kislotasos va cho'ktirish titrlash egri chiziqlarini qurishga nisbatan bir muncha murakkab bo'lib, hisoblashda ulardan farq qiladi.

Metall ionlarini EDTA bilan titrlash egri chizig'ini qurish uchun quyidagi qiymatdan foydalanamiz:

$$\alpha_4 = \frac{[\text{Y}^{-4}]}{C}$$

Bu yerda S-EDTA ning kompleks hosil qilmagan qismining konsentrasiyasi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$C = [\text{Y}^{-4}] + [\text{HY}^{-3}] + [\text{HY}^{-2}] + [\text{HY}^{-}] + [\text{H}_4\text{Y}]$$

α_4 -reagentning Y^{-4} ko'rinishidagi komplekslanmagan qismi;

$$\alpha_4 = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{[\text{H}^+]^4 + K_1[\text{H}^+]^3 + K_1 \cdot K_2[\text{H}^+]^2 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3[\text{H}^+] + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}$$

Bu yerda $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$ lar-EDTA ning dissosiasiya konstantalari.

SHartli barqaror muvozanat konstantalari K_{MY}^1 , K_{MY}^{11} , K_{MY}^{111} dan foydalanib, titrlash egri chizig'ining xoxlagan nuqtasiga to'g'ri kelgan kompleks va metall ionining muvozanat konsentrasiyalarini hisoblash mumkin. EDTA uchun eritmaning har xil rN qiymatlaridagi α_4 kattaligi hisoblangan (jadval 11).

Agar aniqlanadigan ion eritmada berilgan pH qiymatida oksid yoki gidroksid ko'rinishda cho'kma hosil qilib, kompleksonometrik titrlash jarayonini murakkablashtirgan hollarda uni eritmada ushlab turish uchun yordamchi kompleks hosil qluvchi reagent qo'shish kerak bo'ladi (masalan, ammiakning suvli eritmasi va boshqalar). Bizning yuqorida ko'rsatilgan misolimizda muvozanatni buzilishiga vodorod ionlarining konsentrasiyalari ta'sir etishi mumkin. Metall ionini titrlash jarayonida EDTA ning komplekslanmagan Y^{-4} ion qismini miqdoriy jihatdan quyidagi formula (β) yordamida hisoblash mumkin:

$$\beta = \frac{1}{1 + K_1[NH_3] + K_1 \cdot K_2[NH_3]^2 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3[NH_3]^3 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4[NH_3]^4}$$

K^{11}_{MY} -titrlanayotgan moddaning boshqa muvozanat holatini tavsiflaydigan shartli konstantasi:

$$K^{11}_{MY} = \alpha_4 \cdot \beta \cdot K_{MY}$$

Shartli konstanta qancha katta bo'lsa, titrlash shuncha to'liq o'tadi. Hosil bo'lish konstanta qiymati qancha katta bo'lsa, titrlash egri chizig'idagi sakrash shunchalik aniqroq bo'ladi. Shartli konstantalardan foydalanib, pM ni hisoblash va titrlash egri chiziqlarini qurish aniq masalalarni echimida ko'rsatiladi.

10.4. Oksidlanish-qaytarilish titrlash usullari

Titrlashning oksidlanish qaytarilish usullari oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan bo'lib, o'zaro reaksiyaga kirishayotgan moddalarning nomlariga qarab bir necha usullarga bo'linadi. Masalan, permanganometriya (ishchi eritma $KMnO_4$ –oksidlovchi), bixromatometriya (oksidlovchi– $K_2Cr_2O_7$), bromatometriya (oksidlovchi – $KBrO_3$), vanadatometriya (NH_4VO_3), serimetriya Se(IV) va boshqalar.

Oksidlanish-qaytarilishda ekvivalent nuqtani topish uchun indikator va potensiometr usullaridan foydalaniladi. U yoki bu moddalarning oksidlanish-qaytarilish qobiliyati miqdoriy jihatdan oksidlanish-qaytarilish potentsiallari bilan ifodalanadi.

Oksidlanish-qaytarilish juftlarining kattaligi qanchalik musbat bo'lsa, oksidlovchi formaning oksidlash xususiyati Shunchalik kuchli bo'ladi. Oksidlanish-qaytarilish juftlarining potentsiali qanchalik kichik bo'lsa, qaytaruvchi formaning qaytaruvchilik xususiyati Shunchalik yuqori bo'ladi.

Elektr yurituvchi kuch (e.yu.k.) – oksidlovchi va qaytaruvchilarning potentsiallarini farqiga teng bo'ladi:

$$E.Yu.K. = E_{oksid.} - E_{qayt.}$$

Eritmaning rN muhitiga, konsentrasiyaga, haroratga bog'liq bo'lgan oksidlanish – qaytarilish potentsiallari Nernst formulasi orqali ifodalanadi:

$$E = E^0 + \frac{T \cdot R}{nF} \cdot \ln \frac{[oksid.forma]}{[qayt.forma]}$$

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{[oksid.forma]}{[qayt.forma]}$$

Bu yerda E^0 – oksidlanish – qaytarilish juftlarning standart potentsiali;

n – qabul qilgan yoki bergan elektronlarning soni;

F – Faradey soni;

R – gaz doimiysi;

T – absolyut harorat.

Har qanday oksidlanish – qaytarilish reaksiyasi ma`lum sharoitda boradi, reaksiyaning E.Yu.K. si qanchalik musbat bo`lsa, shunchalik reaksiya engil va tez boradi.

Oksidlanish – qaytarilish titrlash egri chizig`i deb, grafik ko`rinishida sistemadagi potensialni sistemaga quyilayotgan titrantning hajmiga bog`liq bo`lgan egri chiziqqa aytiladi. Titrlash egri chizig`ini qurishda sistemaning potensialini hisoblash uchun titrlash jarayonda sistemaga qo`shilayotgan titrantning (oksidlovchi va qaytaruvchining) konsentrasiyasini hisoblash kerak bo`ladi. Bu usul bo`yicha konsentrasiyani hisoblash formulalari yuqorida keltirilgan kislota – asos titrlashda konsentrasiyani hisoblash formulalariga o`xshash bo`lgani uchun masalalarni Yechishda tuShuntirmasdan tayyor formulalardan foydalanamiz.

Titrlash jarayonida ekvivalent nuqtagacha va ekvivalent nuqtadan o`tgandan so`ng sistemaning potentsiali quyida ko`rsatilgan Nernst tenglamasi bo`yicha topiladi:

$$E = E^0 - \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{[qayt. forma]}{[oksid. forma]}$$

Ekvivalent nuqtada sistemaning potentsiali quyida ko`rsatilgan tenglama yordamida topamiz:

$$E = \frac{\epsilon E^0_{oksidlovchi} + a E^0_{qaytaruvchi}}{a + \epsilon}$$

Bu yerda, $E^0_{oksidlovchi}$, $E^0_{qaytaruvchi}$ - oksidlovchi va qaytaruvchilarning standart potentsiallari;

a,v – oksidlovchi va qaytaruvchilarning stexiometrik koeffisientlari.

Oksidlanish – qaytarilish titrlash egri chiziqlarini ko`rish bo`yicha aniq masalalarni ko`rib chiqamiz.

10.5. Titrimetrik tahlil usullariga oid namunaviy masalalar

1-masala

0,1135 n li vodorodxlorid kislota eritmasining titri va kal`siy oksid bo`yicha titr konsentrasiyalari hisoblansin.

Berilgan: $C_{HCl}=0,1135 \text{ mol`l}$

Topish kerak: $T_{HCl}=?$; $T_{HCl/SaO}=?$

Yechish:

$$T_{HCl} = \frac{C_{HCl} \cdot \vartheta_{HCl}}{1000} = \frac{0,1135 \cdot 36,4609}{1000} = 0,004138 g / ml$$

Eritmaning aniqlanuvchi modda bo`yicha titr konsentrasiyasi quyidagi formula bo`yicha hisoblanadi:

$$T_{HCl/CaO} = \frac{C_{HCl} \cdot \mathfrak{E}_{CaO}}{1000};$$

$$E_{CaO} = \frac{M_{CaO}}{n};$$

Bu yerda, n -kislorodning ekvivalent soni;

$$E_{CaO} = \frac{56,0794}{2} = 28,0397 g;$$

$$\text{Bundan, } T_{HCl/CaO} = \frac{0,1135 \cdot 28,0397}{1000} = 0,003182 g / ml$$

2-masala

Zichligi 1,515 (61,54%) ga teng bo'lgan sul'fat kislotadan 25 ml olib, 3 l gacha suyultirilgan. Shu eritmaning titri nechaga teng?

Berilgan: $V=3l$ H_2SO_4 ; $V_1=25l$ H_2SO_4 ; $d_1=1,515 g/cm^3$ H_2SO_4 ; $C_1=61,54\%$ H_2SO_4

Topish kerak: $T_{H_2SO_4}=?$

Yechish: $m=d_1 V_1$

$m=1,515 \cdot 25=37,875 g H_2SO_4$ eritmasining massasi.

H_2SO_4 eritmasining konsentrasiyasi 61,54% ga tengligidan kelib chiqib proporsiya tuzamiz:

100 g H_2SO_4 eritmasida 61,54 g suvsiz H_2SO_4 bo'lsa,

37,875 g H_2SO_4 eritmasida qg suvsiz bo'ladi.

$$q = \frac{37,875 \cdot 61,54}{100} = 23,31 g H_2SO_4$$

$$T_{H_2SO_4} = \frac{q}{V} = \frac{23,31}{3000} = 0,007769 g / ml$$

Masala 3

Aniq 0,1 n li vodorod xlorid kislotasining qanday hajmiga 21 ml 0,1 n li natriy gidroksidi to'g'ri keladi? $K=0,950$

Berilgan: $C_1=0,1$ n HCl ; $C_2=0,1$ n $NaOH$; $V_2=21$ ml; $K=0,950$

Topish kerak: $V_1=?$

Yechish: Natriy gidroksidning aniq konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$C_2^1 = KC_2;$$

$$C_2^1 = 0,950 \cdot 0,1 = 0,0950 n NaOH$$

Aniq 0,1 n li eritmasining hajmini natriy gidroksid bo'yicha quyidagi tenglamadan foydalanib hisoblaymiz:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1};$$

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{0,0950 \cdot 21}{0,1} = 19,95 \text{ ml HCl}$$

4-masala

0,1 n li eritma tayyorlash uchun analitik tarozida 1,3400 g natriy xlorid tortib olindi va 200 ml li o'lchov kolbasida eritildi. Shu 0,1 n li eritma uchun to'g'rilagich koefitsienti hisoblansin?

Berilgan: $C_{\text{NaCl}} = 0,1 \text{ n}$; $q = 1,3400 \text{ g NaCl}$; $V = 200 \text{ ml}$

Topish kerak: $K = ?$

Yechish: $K = \frac{C_1}{C}$

bu yerda, C_1 – NaCl eritmasining haqiqiy konsentrasiyasi, mol/l.

NaCl ning titri va konsentrasiyasini tegishli formula yordamida hisoblaymiz:

$$T = \frac{q}{V}$$

$$C_1 = \frac{T \cdot 1000}{\vartheta} \text{ bundan}$$

$$C_1 = \frac{q \cdot 1000}{V \cdot \vartheta_{\text{NaCl}}}$$

Natriy xloridning ekvivalent massasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$E = \frac{M_{\text{NaCl}}}{n \cdot m} = \frac{58,443}{1 \cdot 1} = 58,443 \text{ g}$$

n -metall soni; m -metallning valent soni.

q, V, E_{NaCl} kattaliklarning son qiymatlarini formula (C_1) ga qo'yib, NaCl eritmasining haqiqiy konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$C_1 = \frac{1,3400 \cdot 1000}{200 \cdot 58,443} = 0,1146 \text{ mol/l}$$

$$K = \frac{0,1146}{0,1} = 1,146$$

5-masala

0,2260 n li natriy gidroksid eritmasini 0,2000 n li bo'lishi uchun uning 725 ml eritmasiga necha millilitr suv qo'shish kerak?

Berilgan: $C_1 = 0,2260 \text{ n NaOH}$; $C_2 = 0,2000 \text{ n NaOH}$; $V_1 = 725 \text{ ml NaOH}$

Topish kerak: $V_{\text{H}_2\text{O}} = ?$

Yechish: Konsentrasiyaning hajmga bog'liq bo'lgan tenglamasidan ($\frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$)

foydalanib V_2 ni aniqlaymiz:

$$V_2 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_2} = \frac{725 \cdot 0,2260}{0,2000} = 819,25 \text{ ml NaOH}$$

$$V_{H_2O} = V_2 - V_1 = 819,25 - 725 = 94,25 \text{ ml H}_2\text{O}$$

6-masala

Zichligi 1,470 (57,36 %) ga teng bo'lgan sul'fat kislotadan 40 ml olib, 8 litr eritma tayyorlangan. Tayyorlangan eritmaning titri va normal konsentrasiyasi hisoblansin.

Berilgan: $V=8 \text{ l H}_2\text{SO}_4$; $V_1=40 \text{ ml H}_2\text{SO}_4$; $d_1=1,470 \text{ g/sm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$; $C_1=57,36\% \text{ H}_2\text{SO}_4$

Topish kerak: $T_{H_2SO_4}=?$ $C_{H_2SO_4}=?$

Yechish: Olingan sul'fat kislota eritmasining massasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$m_1 = V_1 \cdot d_1 = 40 \cdot 1,470 = 58,80 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ eritmasi}$$

58,80 g H_2SO_4 eritmasidagi suvsiz H_2SO_4 ning massasini aniqlash uchun proporsiya tuzamiz:

100 g H_2SO_4 eritmasida 57,36 g suvsiz H_2SO_4 bo'lsa,

58,80 g H_2SO_4 eritmasida q g suvsiz H_2SO_4 bo'ladi.

$$q = \frac{58,80 \cdot 57,36}{100} = 33,73 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$T = \frac{q}{V} = \frac{33,78}{8000} = 0,004222 \text{ g / ml}$$

Sul'fat kislota eritmasining normal konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$C_{H_2SO_4} = \frac{T_{H_2SO_4} \cdot 1000}{\mathfrak{E}_{H_2SO_4}}$$

Kislotaning ekvivalent massasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$E_{H_2SO_4} = \frac{M_{H_2SO_4}}{n} = \frac{98,08}{2} = 49,04$$

bundan,

$$C_{H_2SO_4} = \frac{0,00422 \cdot 1000}{49,04} = 0,0861 \text{ mol / l}$$

7-masala

To'liq neytrallash, chala neytrallash, vodorod sul'fidgacha qaytarilish reaksiyalarda sul'fat kislotaning ekvivalent massasi nechaga teng?

Berilgan: $M_{H_2SO_4}=98,08 \text{ g}$

Topish kerak: $E_1=?$; $E_2=?$; $E_3=?$

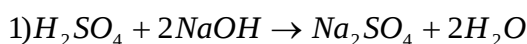
Yechish: To'liq, chala neytrallash va vodorod sul'fidgacha qaytarilish reaksiya tenglamalarini yozib, sul'fat kislotaning ekvivalentini quyidagi formulalar yordamida hisoblaymiz:

$$E_{1-2} = \frac{M_{H_2SO_4}}{n}$$

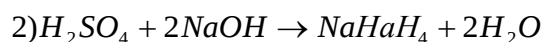
bu yerda, n-reaksiyada H^+ -ioninig almashgan soni;

$$E_3 = \frac{M_{H_2SO_4}}{n}$$

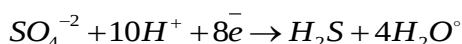
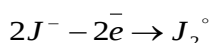
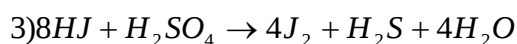
bu yerda, n-reaksiyada qabul qilgan elektronlar soni



$$E_1 = \frac{98,08}{2} = 49,04z$$

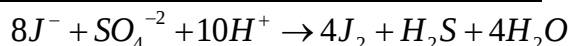


$$E_2 = \frac{98,08}{1} = 98,08z$$



4 qaytaruvchi

1 oksidlovchi



$$E_3 = \frac{M_{H_2SO_4}}{n} = \frac{98,08}{8} = 12,26z$$

8-masala

Massasi 24,9820 g ga, harorati 16° C ga sig'imi 25 ml bo'lgan pipetkadan suv quyilgan. Hajmga to'g'rilagich topilsin.

Berilgan: V=25 ml; m=24,9820 g H_2O ; t=16°C

Topish kerak: K=? to'g'rilagich

Yechish: Adabiyot ma'lumotlaridan bizga ma'lumki, harorati 16°C ga teng bo'lgan 1 l suvning massasi 998,97 g ga teng bo'lsa, 25 ml suvning massasi m_1 g ga teng bo'ladi.

$$m_1 = \frac{998,97 \cdot 25}{1000} = 24,9742z$$

Hajmga to'g'rilagich quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$m - m_1 = 24,9820 - 24,9742 = 0,0078 \approx 0,008 \text{ g.}$$

Normal sharoitda 0,008 g suv 0,008 ml ga to'g'ri keladi.

9-masala

Titrlashga 25 ml eritma sarflangan. Eritma byuretkadan 0,1 ml gacha aniqlikda o'lchab olingan. Hajmning o'lchov aniqligi foizlarda aniqlansin?

Berilgan: $V=25$ ml; $V_1=0,1$ ml

Topish kerak: O'lchov aniqligi $\%=?$

Yechish: O'lchov aniqligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\text{O'lchov aniqlik } \% = \frac{V_1 \cdot 100}{V} = \frac{0,1 \cdot 100}{25} = 0,4\%$$

10-masala

Tarkibi $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan iborat shavel` kislota namunasidan 0,1500 g tortib olib, eritma tayyorlangan. Shu eritmani titrlashga 25,60 ml 0,0900 n li KOH eritmasi sarflangan. Shavel` kislota namunasining foiz miqdori hisoblansin.

Berilgan: $q=0,1500$ g $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $V_1=25,60$ ml KOH; $C_1=0,0900$ n KOH

Topish kerak: $\%_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}=?$

Yechish: Namunadagi shavel` kislotaning foiz miqdori quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\% = \frac{C_1 \cdot \mathcal{E}_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot V_1 \cdot 100}{q \cdot 1000}$$

bu yerda, $\mathcal{E}_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}$ - shavel` kislotaning ekvivalent massasi;

$$\% = \frac{0,0900 \cdot 25,60 \cdot 63,03_1 \cdot 100}{0,1500 \cdot 1000} = 96,82\%$$

11-masala

a) 0,1 n li HCl eritmasi 0,1 n li NaOH eritmasi bilan metil qizil indikator (pT=5,5) ishtirokida:

b) 0,1 n li NaOH eritmasi 1 n li HCl eritmasi bilan nitroamin (pT=12) indikator ishtirokida titrlangan. Titrlashning indikator xatosi nechaga teng?

Berilgan: $V_1=25,60$ ml KOH; $C_1=0,1$ n HCl; $C_2=0,1$ n NaOH; $pT_1=5,5$; $pT_2=12$

Topish kerak: Ind.xatosi=?

Yechish: a) 0,1 n li HCl eritmasi 0,1 n li NaOH eritmasi bilan metil qizil indikator ishtirokida titrlanganda indikatorning titrlash ko'rsatkichi 5,5 ga teng bo'lgani uchun eritmaning pH i 5,5 ga etganda titrlash to'xtatiladi. Lekin kuchli kislotani kuchli ishqor bilan titrlaganda ekvivalent nuqtaning pH i 7 ga teng bo'lishi kerak edi. Bu holda titrlash oxiriga etmagani uchun eritmada ortiqcha HCl qolib, H^+ - xatolikka olib keladi.

Ikkala eritmaning konsentrasiyalari bir xil bo'lgani uchun ularning hajmlari ham bir xilda sarflanadi. Demak, eritmaning hajmi titrlash jarayonda ikki baravar oshadi,

ya'ni $V_2=2V_1$ ga teng bo'ladi. Shundan kelib chiqib, indikator xatosi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Ind.xamocu = \frac{10^{-pT} \cdot 2V_2}{C_1 \cdot V_1} \cdot 100\%$$

$$Ind.xamocu = \frac{10^{-5,5} \cdot 2 \cdot 100}{0,1} = \frac{2}{316,23} = -0,0063\%$$

HCl ning bir qismi titrlanmay qolgani uchun H^+ xatoligi minus “-“ishora bilan olinadi.

b) 0,1 n li NaOH eritmasi 1 n li HCl eritmasi bilan nitroamin indikator ishtirokida titrlanganda indikatorning titrlash ko'rsatkichi 12 ga teng bo'lgani uchun eritmaning pH i 12 ga etganda titrlash to'xtatiladi. Bu holda ham eritmaning pH i 7 ga etganda titrlash to'xtatilishi kerak edi. Demak, titrlash oxiriga etmagani uchun eritmada ortiqcha NaOH qolib, OH^- xatolikka olib keladi. Bunda, *Ind.xamocu* quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Ind.xamocu = \frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2 \cdot 100}{C_1 \cdot V_1}; \%$$

$$Ind.xamocu = \frac{10^{-(14-12)} \cdot 2 \cdot 100}{0,1} = \frac{2}{0,1} = +20\%$$

Bu holda, OH^- xatolik plyus “+“ishora bilan yoziladi.

12-masala

0,1 n li NaOH eritmasi 0,1 n li chumoli kislotasi bilan neytral qizil indikator ($pT=7$) ishtirokida titrlangan. Indikator xatosi hisoblansin. $pK_{NSOON}=3,75$.

Berilgan: $C_1=0,1$ n NaOH; $C_2=0,1$ n HCOOH; $pT=7$; $pK_{HCOOH}=3,75$

Topish kerak: $\%_{Ind.xatosi}=?$

Yechish: Ekvivalent nuqtadagi eritmaning rN ini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{HCOOH} + \frac{1}{2} \lg C$$

$$pH = 7 + \frac{3,75}{2} + \frac{1}{2} \lg 0,1 = 8,38$$

0,1 n li NaOH eritmasini 0,1 n li HCOOH bilan neytral qizil indikator ishtirokida titrlash $pT=7$ da tugaydi, lekin ekvivalent nuqta $pH=8,38$ da yotgani uchun eritmaga quyilgan ortiqcha chumoli kislotasi HAn-xatolikka olib keladi. HAn-xatolik quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\%HAn-xato = 10^{rK-rT} \cdot 100, \%$$

$$\%_{HAN-xamo} = 10^{3,75-7} \cdot 100 = 10^{-3,25} \cdot 100 = 10^{-\frac{5}{4}} = \frac{1}{\sqrt[4]{10^5}} = \frac{1}{10\sqrt[4]{10}} = \frac{1}{17,8} = -0,0562\%$$

HAN-xato manfiy “-“ ishora bilan belgilanadi.

13-masala

Tarkibi Na_2CO_3 va NaHCO_3 dan iborat aralashmaning 25 ml eritmasi 0,1200 n li H_2SO_4 eritmasi bilan fenolftalein ishtirokida titrlashga 9,46 ml sarflanadi, metiloranj indikatorishtirokida 24,86 ml sarflanadi. Shu eritmaning 250 millilitrida necha gramm Na_2CO_3 va NaHCO_3 bor?

Berilgan: $V=2500$ ml Na_2CO_3 va NaHCO_3 ; $V_{f-f}=9,46$ ml H_2SO_4 ; $V_{m-o}=24,86$ ml H_2SO_4 ; $C=0,1200$ n H_2SO_4 ; $V_{um}=250$ ml.

Topish kerak: $q_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = ?$ $q_{\text{NaHCO}_3} = ?$

Yechish: Aralashma sul'fat kislotasi bilan fenolftalein ishtirokida titrlanganda aralashmadagi faqat Na_2CO_3 NaHCO_3 ga o'tadi, metiloranj indikatorishtirokida aralashmadagi hamma NaHCO_3 lar titrlanib bo'ladi. Bundan aralashmadagi Na_2CO_3 ni titrlash uchun sarflangan sul'fat kislotaning umumiy hajmini $2V_{f-f}$ ga teng deb olinsa, NaHCO_3 ni titrlash uchun sarflangan H_2SO_4 ning hajmi quyidagiga teng bo'ladi:

$$V_{m-o} - 2V_{f-f} = V_{\text{NaHCO}_3}$$

$$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 2 \cdot 9,46 = 18,92 \text{ ml } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$V_{\text{NaHCO}_3} = 24,86 - 18,92 = 5,94 \text{ ml } \text{H}_2\text{SO}_4$$

250 ml eritmadagi Na_2CO_3 va NaHCO_3 larning gramm miqdorini quyidagi formulalar yordamida hisoblaymiz:

$$q_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{C \cdot V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot q_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot V_{ym}}{V \cdot 1000}$$

$$q_{\text{NaHCO}_3} = \frac{C \cdot V_{\text{NaHCO}_3} \cdot q_{\text{NaHCO}_3} \cdot V_{ym}}{V \cdot 1000}$$

bundan,

$$q_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0,1200 \cdot 18,92 \cdot 52,994 \cdot 250}{25 \cdot 1000} = 1,2032\%$$

$$q_{\text{NaHCO}_3} = \frac{0,1200 \cdot 5,94 \cdot 84,0069 \cdot 250}{25 \cdot 1000} = 0,5988\%$$

14-masala

1 litr eritmda 0,6 g kal'siy xlorid tuzi bor. Shu suvning qattiqligi hisoblansin.

Berilgan: $V=1$ l = 1000 ml N_2O ; $q=0,6$ g CaCl_2 .

Topish kerak: $J_{\text{H}_2\text{O}} = ?$

Yechish: Kal'siy $[Ca^{+2}]$ ioninig konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[Ca^{+2}] = \frac{q \cdot M_{Ca^{+2}}}{M_{CaCl_2}} = \frac{0,6 \cdot 40,08}{110,986} = 0,2167 \text{ mol/l} = 216,7 \text{ mmol/l}$$

$$J_{H_2O} = \frac{[Ca^{+2}]}{0,5M_{Ca^{+2}}} = \frac{216,7}{20,04} = 10,81 \text{ mg-ekv/l}$$

15-masala

100 ml suvni titrlash uchun 5 ml 0,09 n li vodorod xlorid sarflangan bo'lsa, suvning karbonat qattiqligi hisoblansin.

Berilgan: $V_{H_2O} = 100$; $V_{HCl} = 5 \text{ ml}$; $C_{HCl} = 0,09 \text{ n}$

Topish kerak: $J_{\text{karb.}} = ?$

Yechish: Suvning karbonat qattiqligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$J_{\text{karb.}} = \frac{C_{HCl} \cdot V_{HCl} \cdot 1000}{V_{H_2O}}$$

$$J_{\text{karb.}} = \frac{5,00 \cdot 0,0900 \cdot 1000}{100} = 4,50 \text{ mg-ekv/l}$$

16-masala

Suvning umumiy qattiqligi 15° S ga teng. Suvning umumiy qattiqligi mg-ekv/l larda hisoblansin.

Berilgan: $J_{\text{um.}} = 15^\circ$

Topish kerak: $J_{\text{um.}} = ?$ mg-ekv/l da hisoblansin.

Yechish: Zamonaviy birlikda suvning qattiqligi $1 \text{ mg-ekv/l} = 2,804^\circ$ ga teng. bundan:

$$J_{\text{um.}} = \frac{1 \cdot 15}{2,804} = 5,35 \text{ mg-ekv/l}$$

17-masala

250 ml suvda 4,60 mg Ca^{+2} va 2,40 mg Mg^{+2} ionlari bor. Suvning umumiy qattiqligi mg-ekv/l da va graduslarda hisoblansin.

Berilgan: $V_{H_2O} = 250 \text{ ml}$; $C_{Ca^{+2}} = 4,60 \text{ mg}$; $C_{Mg^{+2}} = 2,40 \text{ mg}$

Topish kerak: $J_{\text{um.}} = ?$

Yechish: Avval 1 l suvdagi Ca^{+2} va Mg^{+2} ionlarining miqdorini hisoblaymiz:

$$C_{Ca^{+2}} = \frac{1000 \cdot 4,60}{250} = 18,40 \text{ mg/l}$$

$$C_{Mg^{+2}} = \frac{1000 \cdot 2,40}{250} = 9,60 \text{ mg/l}$$

1mg-ekv/l 20,04 mg/l Ca^{+2} va 12,16 mg/l Mg^{+2} ionlariga teng.

Suvning umumiy qattiqligi vaqtincha va doimiy qattiqliklarning yig'indisiga teng:

$$\mathcal{K}_{\text{ym.}} = \frac{C_{\text{Ca}^{+2}}}{20,04} + \frac{C_{\text{Mg}^{+2}}}{12,16}$$

$$\mathcal{K}_{\text{ym.}} = \frac{18,40}{20,04} + \frac{9,60}{12,16} = 0,9182 + 0,7895 = 1,7077 \text{ mg-ekv / l}$$

ёку

$$\mathcal{K}_{\text{ym.}} = \frac{2,804 \cdot 1,7077}{1} = 4,788^\circ$$

18-masala

50,00 ml 0,0800M ammiak eritmasi 0,1000 M HCl eritmasi bilan titrlangan. Titrlash egri chizig'i qurilsin. Har gal 0,00; 5,00; 35,00; 39,00; 40,00; 41,00; 45,00 ml HCl qo'shilgandan keyingi eritmaning rN qiymati hisoblansin.

Berilgan:

$$V = 50,00 \text{ ml } \text{NH}_4\text{OH};$$

$$C = 0,0800 \text{ M } \text{NH}_4\text{OH};$$

$$pK_{\text{NH}_4\text{OH}} = 4,76;$$

$$V_1 = 0,00 \text{ ml}; \text{HCl}$$

$$V_2 = 5,00 \text{ ml};$$

$$V_3 = 20,00 \text{ ml};$$

$$V_4 = 35,00 \text{ ml};$$

$$V_5 = 39,00 \text{ ml}; \text{HCl}$$

$$V_6 = 40,00 \text{ ml};$$

$$V_7 = 41,00 \text{ ml};$$

$$V_8 = 45,00 \text{ ml}; \text{HCl}$$

$$C_0 = 0,1000 \text{ M HCl}$$

Topish kerak: $rN_1 - rN_8 = ?$ Titrlash egri chizig'i qurilsin.

Yechish: $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$

Kuchsiz asosning boshlang'ich rN ini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_1 = 14 - \frac{1}{2} pK_{\text{NH}_4\text{OH}} + \frac{1}{2} \lg C;$$

$$pH_1 = 14 - \frac{4,76}{2} + \frac{1}{2} \lg 8,0 \cdot 10^{-2} = 11,07$$

Ammiak eritmasiga HCl ning har xil hajmda qo'shilgandan so'ng aralashmadagi NH_4OH va NH_4Cl larning konsentrasiyalarini quyidagi (4) va (7) formulalar (98-99 betlarga qaralsin) bo'yicha hisoblaymiz:

$$C_2 = \frac{50,00 \cdot 0,0800 - 5,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 5,00} = 0,0636 \text{ моль / л } NH_4OH$$

$$C_2 = \frac{50,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 5,00} = 0,0091 \text{ моль / л } NH_4Cl$$

$$C_3 = \frac{50,00 \cdot 0,0800 - 20,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 20,00} = 0,0286 \text{ моль / л } NH_4OH$$

$$C_3 = \frac{20,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 20,00} = 0,0286 \text{ моль / л } NH_4Cl$$

$$C_4 = \frac{50,00 \cdot 0,0800 - 35,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 35,00} = 0,0059 \text{ моль / л } NH_4OH$$

$$C_4 = \frac{35,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 35,00} = 0,0412 \text{ моль / л } NH_4Cl$$

$$C_5 = \frac{50,00 \cdot 0,0800 - 39,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 39,00} = 0,0011 \text{ моль / л } NH_4OH$$

$$C_5 = \frac{39,00 \cdot 0,1000}{50,00 + 39,00} = 0,0438 \text{ моль / л } NH_4Cl$$

Ekvivalent nuqtagacha eritmaning pHini (10)–formula (99 betga qaralsin) yordamida hisoblaymiz:

$$pH_2 = 14 - 4,76 + \lg \frac{0,0636}{0,0091} = 10,08;$$

$$pH_3 = 14 - 4,76 + \lg \frac{0,0286}{0,0286} = 9,24;$$

$$pH_4 = 14 - 4,76 + \lg \frac{0,0059}{0,0412} = 14 - 4,76 - 0,84 = 8,40;$$

$$pH_5 = 14 - 4,76 + \lg \frac{0,0011}{0,0438} = 14 - 4,76 - 1,60 = 7,64$$

Ekvivalent nuqtada eritma pH i quyidagi (11)–formula (99 betga qaralsin) yordamida hisoblanadi:

$$pH_6 = 7 - \frac{4,76}{2} + \frac{1}{2} \lg 0,044 = 7 - 2,38 + 0,68 = 5,30$$

Ekvivalent nuqtadan oʻtgandan soʻng eritmaning pH i ortiqcha qoʻshilgan HCl ning eritmadagi konsentratsiyasi boʻyicha hisoblanadi:

$$C_{H_3O^+} = \frac{41,00 \cdot 0,1000 - 50,00 \cdot 0,08}{41,00 + 50,00} = 0,0011 \text{ mol / l (C7)}$$

$$pH_7 = -\lg 0,0011 = 2,96$$

$$C_8 = \frac{45,00 \cdot 0,1000 - 50,00 \cdot 0,0800}{45,00 + 50,00} = 0,0053 \text{ mol / l (H}_3O^+) \text{)}$$

$$pH_8 = -\lg 0,0053 = 2,28$$

Topilgan natijalarni jadvalga qo'yamiz:

10.1 -jadval

pH	11,07	10,08	9,24	8,40	7,64	5,30	2,96	2,28
V _{HCl}	0,00	5,00	20,00	35,00	39,00	40,00	41,00	45,00

19-masala

25,00 ml 0,0200M HNO₂ eritmasi ($pK_{HNO_2} = 3,21$) 0,0200 M NaOH eritmasi bilan titrlangan. Titrlash egri chizig'i qurilsin. NaOH eritmasi har gal 0,00; 10,00; 12,50; 20,00; 22,00; 25,00; 25,10; 26,00; 30,00 ml NaOH qo'shilgandan keyingi eritmaning pH qiymati hisoblansin.

pH ning sakrash oralig'iga qanday indikatorlarning pT qiymatlari to'g'ri keladi? pH ning sakrash oralig'iga qanday indikatorlarning pT i qiymatlari to'g'ri keladi?

Berilgan:

$$C = 0,0200M HNO_2;$$

$$C_0 = 0,0200M NaOH;$$

$$pK_{HNO_2} = 3,21;$$

$$V_1 = 0,00ml NaOH;$$

$$V_2 = 10,00ml;$$

$$V_3 = 12,50ml;$$

$$V_4 = 20,00ml;$$

$$V_5 = 22,00ml;$$

$$V_6 = 25,00ml;$$

$$V_7 = 25,10ml;$$

$$V_8 = 26,00ml;$$

$$C_9 = 30,00M NaOH$$

Topish kerak: pH₁-pH₉=?; pT₁=?; pT₂=?

Yechish: $HNO_2 + NaOH \rightleftharpoons NaNO_2 + H_2O$

pH ning boshlang'ich qiymatini quyidagi (6) formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_1 = \frac{1}{2} pK_{kislota} + \frac{1}{2} \lg C_{kislota} \quad (6);$$

$$pH_1 = \frac{1}{2} \cdot 3,21 - \frac{1}{2} \lg 2 \cdot 10^{-2} = 1,605 - \frac{1}{2} (0,30 \cdot 10 + 2) = 2,45$$

HNO₂ eritmasiga 0,02 M li NaOH eritmasidan 10,00 ml va undan ko'p miqdorda qo'shilganda titrlanayotgan eritmada bufer aralashma hosil bo'ladi. Kislota va tuzlarning konsentrasiyalarini (2) va (7) formulalar yordamida hisoblaymiz:

$$C_2 = \frac{25,00 \cdot 0,0200 - 10,00 \cdot 0,0200}{25,00 + 10,00} = 0,0086 \text{ моль / л NaNO}_2$$

$$C_2 = \frac{0,0200 \cdot 10,00}{25,00 + 10,00} = 0,0057 \text{ моль / л NaNO}_2$$

Eritmaning rN ini (8) formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_2 = 3,21 - \lg \frac{0,0086}{0,0057} = 3,21 - 0,18 = 3,03$$

NaOH dan 12,50 ml qo'shilganda eritmadagi kislota 50 % ga titrlanadi va eritmadagi kislota va asoslarning konsentrasiyalari tenglashadi, eritmaning rN₃ qiymati pK_{HNO_2} ga, ya'ni 3,21 ga teng bo'ladi.

$$C_4 = \frac{25,00 \cdot 0,0200 - 20,00 \cdot 0,0200}{25,00 + 20,00} = 0,0022 \text{ моль / л HNO}_2$$

$$C_4 = \frac{0,0200 \cdot 20,00}{25,00 + 20,00} = 0,0089 \text{ моль / л NaNO}_2$$

$$pH_4 = 3,21 - \lg \frac{0,0022}{0,0089} = 3,21 - \lg 0,2472 = 3,21 + 0,61 = 3,82$$

$$C_5 = \frac{25,00 \cdot 0,0200 - 22,00 \cdot 0,0200}{25,00 + 22,00} = 0,0013 \text{ mol / л HNO}_2$$

$$C_5 = \frac{0,0200 \cdot 22,00}{25,00 + 22,00} = 0,0094 \text{ mol / л NaNO}_2$$

$$pH_5 = 3,21 - \lg \frac{0,0013}{0,0094} = 3,21 + 0,86 = 4,07$$

Ekvivalent nuqtada nitrit kislota natriy nitritga aylanadi. Konsentrasiyasi C₂-C₅ konsentrasiyalarni hisoblagandek hisoblanadi:

$$C_6 = \frac{25,00 \cdot 0,0200}{25,00 + 25,00} = 0,0100 \text{ моль / л NaNO}_2$$

Ekvivalent nuqtada eritmaning pH ini tuzning gidrolizini hisobga olingan (9) formula yordamida aniqlaymiz:

$$pH_6 = 7 + \frac{3,21}{2} + \frac{1}{2} \lg 0,0100 = 7 + 1,60 - 1 = 7,60$$

Titrlanayotgan eritmaga 25,10 ml NaOH qo'shilganda eritmada ortiqcha miqdorda gidroksil-ioni hosil bo'ladi va nitrit-ionlari suv bilan reaksiyaga kirishadi. Lekin ortiqcha qo'shilgan kuchli asos kuchsiz asosning ionlanishini kamaytiradi va uni hisobga olmasa ham bo'ladi:

$$C_7 = \frac{25,00 \cdot 0,0200 - 25,00 \cdot 0,0200}{25,00 + 25,00} = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ моль / л } [OH^-]$$

$$pOH = -\lg 3,9 \cdot 10^{-5} = 4,41 \text{undan}$$

$$pH_7 = 14 - pOH = 14 - 4,41 = 9,59$$

$$C_8 = \frac{26,00 \cdot 0,02 - 25,00 \cdot 0,0200}{25,00 + 26,00} = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л } [OH^-]$$

$$pOH = -\lg 3,9 \cdot 10^{-4} = 3,41$$

$$pH_8 = 14 - 3,41 = 10,59$$

$$C_9 = \frac{30,00 \cdot 0,02 - 25,00 \cdot 0,02}{25,00 + 26,00} = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л } [OH^-]$$

$$pOH = -\lg 1,82 \cdot 10^{-3} = 2,74$$

$$pH_9 = 14 - 2,74 = 11,26$$

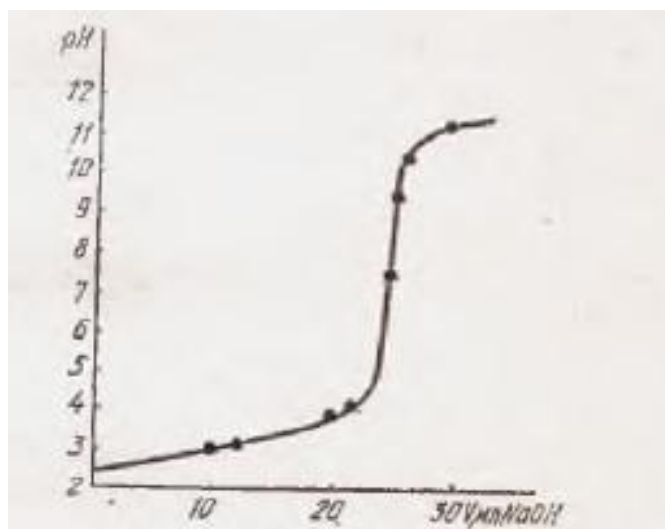
10.2- jadval

pH	2,45	3,03	3,21	3,82	4,07	7,60	9,59	10,59	11,26
V_{NaOH}	0,00	10,00	12,50	20,00	22,00	25,00	25,10	26,00	30,00

Titrlash egri chizig'ini qurish uchun titrlanayotgan eritmaning pH qiymatini ordinataga, titrantning hajmini absissaga qo'yamiz. Titrlash egri chizig'idan pH ning sakrash oralig'ini aniqlaymiz (rasm 10.1). Sakrash pH ning 6,5 dan 9,5 gacha oralig'ida ekan. Ekvivalent nuqtaning pH i 7,60 ga to'g'ri kelar ekan. Bunday holda, kislota-asos indikatorni sifatida fenolftalein indikatorini ishlatish mumkin. Uning rangini o'zgarish soxasi pH [8,0–9,6] oralig'iga joylashgan.

$pH_{f-f}=9,0$ ga teng.

Shuningdek, neytral qizil indikatorini ishlatish mumkin. Bu indikatorning o'zgarish soxasi pH [6,8–8,0] oralig'ida bo'lib, pT qiymat shu oraliqda yotadi.



Rasm 10.1. 0,0200 m H_2SO_4 eritmasini 0,0200 m NaOH eritmasi bilan titrlash egri chizig'i.

20-masala

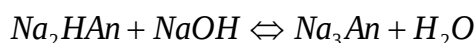
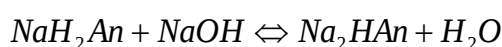
Uch asosli kislota H_3An ning ionlanish konstantalari: $K_1=1\cdot 10^{-2}$; $K_2=1\cdot 10^{-6}$ $K_3=1\cdot 10^{-12}$ ga teng. Shu kislalani NaOH eritmasi bilan titrlashda birinchi va ikkinchi ekvivalent nuqtalardagi pH kattaliklar hisoblansin. Tuzning konsentrasiyasi $C_{tuz}=0,1000$ m ga teng bo'lganda uchinchi ekvivalent nuqtadagi pH kattalik nechaga teng?

Berilgan:

$$K_1=1\cdot 10^{-2}; K_2=1\cdot 10^{-6}; K_3=1\cdot 10^{-12}; C_{my3}=0,1000M$$

Topish kerak: $pH_1=?$ $pH_2=?$ $pH_3=?$

Yechish:



Birinchi ekvivalent nuqtadagi pH_1 kattalikni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_1 = \frac{1}{2} pK_1 + \frac{1}{2} pK_2;$$

$$pH_1 = \frac{2}{2} + \frac{6}{2} = 4$$

Ikkinchi ekvivalent nuqtadagi pH_1 kattalikni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_2 = \frac{pK_2 + pK_3}{2} = \frac{6 + 12}{2} = 9$$

Uchinchi ekvivalent nuqtadagi pH_3 kattalikni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_3 = \frac{1}{2} pK_{H_2O} + \frac{1}{2} pK_3 + \frac{1}{2} \lg C_{my3} = 7 + 6 - 0,5 = 12,5$$

21-masala

20,00 ml 0,1 m li H_2SO_3 eritmasi 0,2000 m NaOH eritmasi bilan titrlangan. Titrlash egri chizig'ini quring. Har gal titrlanayotgan eritmaga 0,00; 2,00; 3,00; 4,00; 5,00; 10,00; 20,00; 22,00; 25,00 ml NaOH eritmasidan qo'shilganda eritmaning o'zgarayotgan pH i hisoblansin.

Berilgan:

$$pK_1 = 1,87;$$

$$K_1 = 1,3 \cdot 10^{-2};$$

$$pK_2 = 7,27;$$

$$K_2 = 6,8 \cdot 10^{-8};$$

$$V_0 = 20,00 \text{ мл } H_2SO_4;$$

$$C_0 = 0,1000 \text{ мл } H_2SO_4;$$

$$C_1 = 0,2000 \text{ мл } NaOH$$

$$V_1 = 0,00 \text{ мл } NaOH;$$

$$V_2 = 2,00 \text{ мл};$$

$$V_3 = 3,00 \text{ мл}$$

$$V_4 = 4,00 \text{ мл};$$

$$V_5 = 5,00 \text{ мл};$$

$$V_6 = 10,00 \text{ мл};$$

$$V_7 = 12,00 \text{ мл};$$

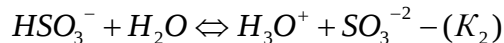
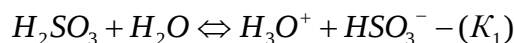
$$V_8 = 20,00 \text{ мл};$$

$$V_9 = 22,00 \text{ мл};$$

$$V_{10} = 25,00 \text{ мл } NaOH$$

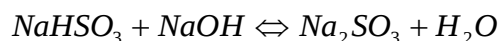
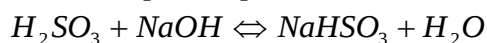
Topish kerak: $pH_1 = ?$; $pH_2 = ? \dots \dots pH_{10} = ?$ Titrlash egri chizig'i qurilsin.

Yechish:



$$K_1 = \frac{[H_3O^+] \cdot [HSO_3^-]}{[H_2SO_3]};$$

$$K_2 = \frac{[H_3O^+] \cdot [SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]}$$



$\frac{K_1}{K_2}$ ning qiymatlari $(1,3 \cdot 10^{-8} / 6,8 \cdot 10^{-5} = 1,91 \cdot 10^5)$ etarlik darajada katta bo'lgani

uchun kislotani I bosqich bo'yicha ionlanishidan hosil bo'lgan vodorod ioni II bosqich ionlanishiga to'sqinlik qiladi va konsentrasiyalarini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Vodorod ionining konsentrasiyasini quyidagi tenglamadan hisoblaymiz:

$$K_1 = \frac{[H_3O^+]^2}{C_0 - [H_3O^+]};$$

$$1,3 \cdot 10^{-2} = \frac{[H_3O^+]^2}{10^{-1} - [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 + 1,30 \cdot 10^{-2} \cdot [H_3O^+] - 1,30 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$[H_3O^+] = \frac{-1,30 \cdot 10^{-2} \pm \sqrt{1,69 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 3,30 \cdot 10^{-3}}}{2} = \frac{-1,30 \cdot 10^{-2} + 7,33 \cdot 10^{-2}}{2} = 3,02 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

бундан

$$pH_1 = -\lg 3,02 \cdot 10^{-2} = 1,52$$

Titrlashda jarayonda kislota va tuzning konsentrasiyalarini (2) va (7) formulalar yordamida hisoblaymiz:

$$C_2 = \frac{20,00 \cdot 0,1000 - 2,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 2,00} = 7,27 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л (кислота)}$$

$$C_2 = \frac{2,00 \cdot 0,2}{20,00 + 2,00} = 1,82 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л (туз)}$$

Eritma nordon va gidroksil-ionlari kichik bo'lgani uchun $[H_2SO_3]$ va $[HSO_3^-]$ larni hisoblash uchun aniqroq tenglamadan foydalanib hisoblash mumkin:

$$[H_2SO_3] = C_{\text{кислота}} - [H_3O^+]$$

$$[HSO_3^-] = C_{\text{туз}} - [H_3O^+]$$

Eritmaga 2,00 ml va undan ortiq natriy gidroksidi qo'shilganda $[H_3O^+]$ ionning konsentrasiyasini K_1 formulasidan foydalanib topamiz:

$$1,30 \cdot 10^{-2} = \frac{[H_3O^+] \cdot (1,82 \cdot 10^{-2} + [H_3O^+])}{7,27 \cdot 10^{-2} - [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 + 3,12 \cdot 10^{-2} [H_3O^+] - 9,45 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$[H_3O^+] = \frac{-3,12 \cdot 10^{-2} \pm \sqrt{9,73 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 9,45 \cdot 10^{-4}}}{2} = \frac{-3,12 \cdot 10^{-2} + 6,89 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,89 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$\text{Bundan, } pH_2 = -\lg 1,89 \cdot 10^{-2} = 1,72.$$

pH₃ va pH₄ larni ham xuddi pH₂ ni hisoblagandek hisoblaymiz:

$$C_3 = \frac{20,00 \cdot 0,1000 - 3,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 3,00} = 6,09 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$C_3 = \frac{3,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 3,00} = 2,61 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$1,30 \cdot 10^{-2} = \frac{[H_3O^+] \cdot (2,61 \cdot 10^{-2} + [H_3O^+])}{6,09 \cdot 10^{-2} - [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 + 3,91 \cdot 10^{-2} [H_3O^+] - 7,92 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$[H_3O^+] = \frac{-3,91 \cdot 10^{-2} \pm \sqrt{15,29 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 7,92 \cdot 10^{-4}}}{2} = \frac{-3,91 \cdot 10^{-2} + 6,85 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$pH_3 = -\lg 1,47 \cdot 10^{-2} = 1,83$$

$$C_4 = \frac{20,00 \cdot 0,1000 - 4,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 4,00} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (кислота)}$$

$$C_4 = \frac{4,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 4,00} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (муз)}$$

$$1,30 \cdot 10^{-2} = \frac{[H_3O^+] \cdot (3,33 \cdot 10^{-2} + [H_3O^+])}{5,00 \cdot 10^{-2} - [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 + 4,63 \cdot 10^{-2} [H_3O^+] - 6,50 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$[H_3O^+] = \frac{-4,63 \cdot 10^{-2} \pm \sqrt{21,44 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 6,50 \cdot 10^{-4}}}{2} = \frac{-4,63 \cdot 10^{-2} + 6,89 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,13 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$pH_4 = -\lg 1,13 \cdot 10^{-2} = 1,95$$

$$C_5 = \frac{20,00 \cdot 0,1000 - 5,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 5,00} = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (кислота)}$$

$$C_5 = \frac{5,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 5,00} = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (муз)}$$

$$1,30 \cdot 10^{-2} = \frac{[H_3O^+] \cdot (4,00 \cdot 10^{-2} + [H_3O^+])}{4,00 \cdot 10^{-2} - [H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+]^2 + 5,30 \cdot 10^{-2} [H_3O^+] - 5,20 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$[H_3O^+] = \frac{-5,30 \cdot 10^{-2} \pm \sqrt{28,09 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 5,20 \cdot 10^{-4}}}{2} = \frac{-5,30 \cdot 10^{-2} + 6,99 \cdot 10^{-2}}{2} = 8,45 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$pH_5 = -\lg 8,45 \cdot 10^{-3} = 2,07$$

Biringchi ekvivalent nuqtadagi $[H_3O^+]$ ionning konsentratsiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_1 K_2 C_{6(HSO_3^-)}}{K_1 + C_{6(HSO_3^-)}}}$$

$$C_{6(HSO_3^-)} = \frac{10,00 \cdot 0,2000}{20,00 + 10,00} = 6,67 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (атенг)}$$

$$\text{U holda, } [H_3O^+] = \sqrt{\frac{1,30 \cdot 10^{-2} \cdot 6,80 \cdot 10^{-8} \cdot 6,67 \cdot 10^{-2}}{1,30 \cdot 10^{-2} + 6,67 \cdot 10^{-2}}} = 2,72 \cdot 10^{-5} \text{ моль / л}$$

$$pH_6 = -\lg 2,72 \cdot 10^{-5} = 4,56$$

Eritmaga 10,00 dan ortiq titrant qo'shilganda yangi bufer (Na_2SO_4 va $NaHSO_3$) hosil bo'ladi.

$$C_7 = \frac{12,00 \cdot 0,2000 - 20,00 \cdot 0,1000}{12,00 + 20,00} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (Na}_2\text{SO}_3\text{)}$$

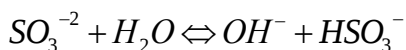
$$C_7 = \frac{20,00 \cdot 0,1000 - (12,00 \cdot 0,2000 - 20,00 \cdot 0,1000)}{12,00 + 20,00} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л (NaHSO}_3\text{)}$$

$$6,80 \cdot 10^{-8} = \frac{[H_3O^+] \cdot 1,25 \cdot 10^{-2}}{1,25 \cdot 10^{-2}}$$

$$[H_3O^+] = \frac{3,40 \cdot 10^{-7}}{1,25} = 2,75 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

$$pH_7 = -\lg 2,75 \cdot 10^{-7} = 6,56$$

Eritmaga titrantdan 20,00 ml qoʻshilganda sistemada SO_3^{-2} anioni bilan suv oʻzaro reaksiyaga kirishadi, yaʼni:



$$C_8 = \frac{20,00 \cdot 0,2000 - 20,00 \cdot 0,1000}{20,00 + 20,00} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}(Na_2SO_3)$$

U holda, ikkinchi ekvivalent nuqtadagi rN ni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$pH_8 = \frac{1}{2} pK_{H_2O} + \frac{1}{2} pK_2 + \frac{1}{2} \lg C_8$$

$$pH_8 = 7 + \frac{7,27}{2} + \frac{1}{2} \lg 5,00 \cdot 10^{-2} = 7 + 3,64 - 1,30 = 9,34$$

Shundan soʻng, eritmaning pH ini ortiqcha qoʻshilgan ishqor boʻyicha hisoblaymiz, chunki u SO_3^{-2} anionini ionlanishini toʻxtatadi:

$$[OH^-] = \frac{22,00 \cdot 0,2000 - 20,00 \cdot 0,1000}{22,00 + 20,00} = 5,71 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$pOH = -\lg 5,71 \cdot 10^{-2} = 1,24$$

$$pH_9 = 14 - pOH = 14 - 1,24 = 12,76$$

Xuddi shunday pH_{10} ni hisoblaymiz:

$$[OH^-] = \frac{25,00 \cdot 0,2000 - 20,00 \cdot 0,1000}{25,00 + 20,00} = 6,67 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

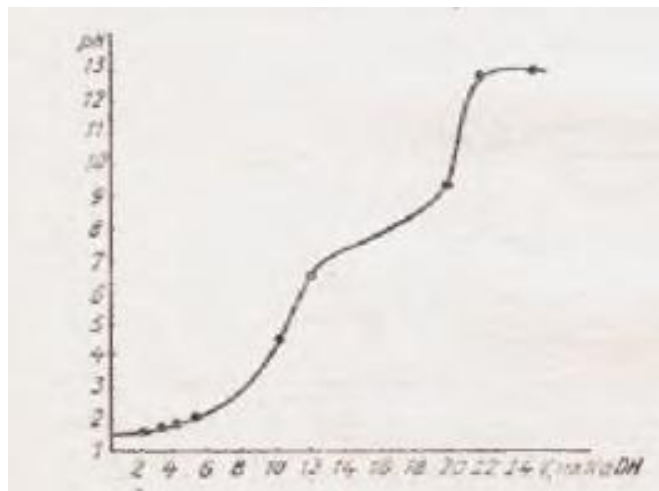
$$pOH = -\lg 6,67 \cdot 10^{-2} = 1,18$$

$$pH_{10} = 14 - pOH = 14 - 1,18 = 12,82$$

Olingan natijalar boʻyicha jadval tuzib, ikki asosli sulʼfit kislota eritmasini natriy gidroksid eritmasiga bogʻliq boʻlgan titrlash egri chizigʻini quramiz:

10.3- jadval

pH	1,52	1,72	1,83	1,95	2,07	4,56	6,56	9,34	12,76	12,82
V _{NaOH}	0,00	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	12,00	20,00	22,00	25,00



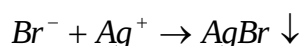
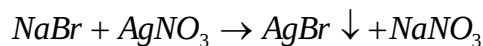
Rasm 10.2. 0,1000 m H₂SO₄ eritmasini 0,2000 m NaOH eritmasi bilan titrlash egri chizig'i.

Titrlash egri chizig'idan shuni ko'rish mumkinki, ikki asosli sul'fit kislota natriy gidroksid bilan titrlaganda ekvivalent nuqtalarda eritmaning pH i ikki marta sakragan, ya'ni ikki marta sakrash yuz bergan. Ayniqsa, ikkinchi ekvivalent nuqtada sakrash birinchi sakrashga nisbatan aniqroq ifodalangan. Shuning uchun, bunday titrlashda timolftalein indikatorini ishlatish mumkin. Bu indikator rangining o'zgarish soxasi pH=9,3-10,5 ga teng.

22-masala

Natriy bromidni kumush nitrat bilan titrlashda ekvivalent nuqtadagi pBr ko'rsatkichni hisoblang.

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Adabiyot ma'lumotlardan $AgBr$ ning eruvchanlik ko'paytmasini va eruvchanlik ko'paytmasining ko'rsatkichini aniqlaymiz:

$$\mathcal{K}_{AgBr} = 5,3 \cdot 10^{-13};$$

$$p\mathcal{K}_{AgBr} = 12,28$$

Ekvivalent nuqtada $[Ag^+] = [Br^-] = \sqrt{\mathcal{K}_{AgBr}}$ ga teng bo'ladi.

$$pAg + pBr = p\mathcal{K}_{AgBr} \text{ ga}$$

$$pAg = pBr,$$

$$2pBr = p\mathcal{K}_{AgBr} \text{ bundan,}$$

$$pBr = \frac{p\mathcal{K}_{AgBr}}{2} = \frac{12,28}{2} = 6,14$$

23-masala

100 ml 0,1000 mol/l va natriy xlorid eritmasini titrlashga 90 ml va 110 ml 0,1000 mol/l li kumush nitrat eritmasi sarflangan. pCl xlorid ko'rsatkich hisoblansin.

Berilgan:

$$V_1 = 100 \text{ мл NaCl};$$

$$C_1 = 0,1000 \text{ м NaCl};$$

$$V_2 = 90 \text{ мл AgNO}_3;$$

$$C_2 = 0,1000 \text{ моль / л NaCl};$$

$$V_1 = 110 \text{ мл AgNO}_3$$

Topish kerak: $r_1 \text{Cl} = ?$ $p_2 \text{Cl} = ?$

Yechish: Ekvivalentlar qonuniga binoan bir xil konsentrasiyalı moddalarning hajmlari ham bir-biriga teng, ya'ni $V_1 = V_2 = V_3$. Bizning masalamizda $V_1 \neq V_2 \neq V_3$ ga teng emas. Shuning uchun ekvivalent nuqtagacha xlorid ko'rsatkichni ($p_1 \text{Cl}$) va ekvivalent nuqtadan keyingi $p_2 \text{Cl}$ ni aniqlash kerak bo'ladi.

Adabiyot ma'lumotlardan kumush xloridning eruvchanlik ko'paytmasi $\mathcal{K}_{\text{AgCl}}$ $p\mathcal{K}_{\text{AgCl}}$ eruvchanlik ko'paytmasining ko'rsatkichini aniqlaymiz:

$$\mathcal{K}_{\text{AgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10};$$

$$p\mathcal{K}_{\text{AgCl}} = 9,75$$

$\mathcal{K}_{\text{AgCl}}$ ning qiymati uncha katta emasligi va eritma kuchli suyultirilmaganligini hisobga olib (1) va (2) formulalar yordamida xlorid ko'rsatkichni ($p\text{Cl}$) hisoblash mumkin.

$$p_1 \text{Cl} = -\lg \frac{100 \cdot 0,1000 - 90 \cdot 0,1000}{100 + 90} = -\lg \frac{10 - 9}{190} = -\lg 0,00526 = -\lg 5,26 \cdot 10^{-3} = 2,279 \approx 2,28$$

$$p\text{Ag} = -\lg \frac{100 \cdot 0,1000 - 100 \cdot 0,1000}{110 + 100} = -\lg \frac{11 - 10}{210} = -\lg 0,00476 = -\lg 4,76 \cdot 10^{-3} = 2,322$$

$$p\mathcal{K}_{\text{AgCl}} = p\text{Ag} + p_1 \text{Cl} \text{ ga teng}$$

$$p_2 \text{Cl} = p\mathcal{K}_{\text{AgCl}} - p\text{Ag} = 9,75 - 2,32 = 7,43$$

24-masala

Kumush xloridning eruvchanlik ko'paytmasi asosan titrlashning oxirgi nuqtasida kumush ko'rsatkichi ($p\text{Ag}$) 5,0 ga teng. Agar, $\mathcal{K}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-12}$ bo'lsa, xromat-ionning qanday konsentrasiyasida kumush xromat cho'kmasi tushadi.

Berilgan:

$$\mathcal{K}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-12} \quad p\text{Ag} = 5,0$$

Topish kerak: $[\text{CrO}_4^{-2}] = ?$

Yechish:

$$\mathcal{K}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{CrO}_4^{-2}]$$

$$p\text{Ag} = -\lg[\text{Ag}^+] \text{ bundан}$$

$$[\text{Ag}^+] = 10^{-5} \text{ моль / л}$$

Kumush xromatning eruvchanlik ko'paytmasidan xromat ionining konsentratsiyasini hisoblaymiz:

$$[CrO_4^{-2}] = \frac{\mathcal{K}_{Ag_2CrO_4}}{[Ag^+]^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-12}}{(1 \cdot 10^{-5})^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-2} = 0,013 \text{ моль / л}$$

25-masala

1,0000 mol/l natriy xlorid eritmasi 1,0000 mol/l kumush nitrat bilan titrlanganda ularning 0,0100 mol/l li eritmalariga nisbatan titrlash egri chizig'ida sakrash necha marta katta bo'ladi. $p\mathcal{K}_{AgCl} = 9,75$

Berilgan: $C_1 = 1,0000 \text{ mol/l NaCl}$ va $AgNO_3$; $C_2 = 0,0100 \text{ mol/l NaCl}$ va $AgNO_3$

Topish kerak: $\Delta p_1Cl / \Delta p_2Cl = ?$

Yechish: Agar titrlash jarayonida ekvivalent nuqtaga 0,1 % (yoki 0,1 ml) qolganda, pCl va pAg larning berilgan konsentratsiya va xajmlardagi ($V_1 = 99,9 \text{ ml}$), ($V_2 = 100,1 \text{ ml}$) va ($V_0 = 100 \text{ ml}$) qiymatlarni quyidagi formulalar orqali hisoblaymiz:

$$[Cl^-] = \frac{C_1V_0 - C_1V_1}{V_0 + V_1}; p_1Cl = -\lg[Cl^-]$$

$$[Ag^+] = \frac{C_1V_2 - C_1V_0}{V_2 + V_0}; p_1Ag = -\lg[Ag^+]$$

$$[Cl^-] = \frac{100 \cdot 1 - 99,9 \cdot 1}{199,9} = 0,0005 \text{ моль / л}$$

$$p_1Cl = -\lg 0,0005 = 3,301 \approx 3,30$$

Shuningdek,

$$p\mathcal{K}_{AgCl} = pCl + pAg \text{ бундан}$$

$$pAg = p\mathcal{K}_{AgCl} - pCl = 9,75 - 3,30 = 6,45$$

$$[Ag^+] = \frac{100,1 \cdot 1 - 100 \cdot 1}{200,1} = 0,0005 \text{ моль / л}$$

$$p_1Ag = -\lg 0,0005 = 3,30$$

Xuddi Shunday p_1Cl ni yuqorida ko'rsatilgandek, $p\mathcal{K}_{AgCl}$ ko'rsatkichi orqali hisoblaymiz: $p_1Cl = p\mathcal{K}_{AgCl} - p_1Ag = 9,75 - 3,30 = 6,45$

Shunday qilib, 100 ml eritmaga 99,9 ml $AgNO_3$ qo'shilganda $p_1Cl = 3,30$; $pAg = 6,45$ va 100,1 ml ortiqcha qo'shilganda $p_1Ag = 3,30$; $pCl = 6,45$ ga teng ekan. Bundan sakrash oralig'i $\Delta p_1Cl = 6,45 - 3,30 = 3,15$ ga teng ekan.

Endi $NaCl$ va $AgNO_3$ larning konsentratsiyalari 0,0100 mol/l ga teng bo'lganda sakrash oralig'ini yuqorida ko'rsatilgandek hisoblaymiz:

$$[Cl^-] = \frac{100 \cdot 0,01 - 99,9 \cdot 0,01}{199,9} = 0,000005 \text{ моль / л}$$

$$p_2Cl = -\lg 0,000005 = 5,30 \approx 5,30$$

$$pAg = 9,75 - 5,30 = 4,45$$

$$[Ag^+] = \frac{100,1 \cdot 0,01 - 100 \cdot 0,01}{200,1} = 0,000005 \text{ моль / л}$$

$$p_2 Ag = -\lg 0,000005 = 5,30$$

$$p Cl = 9,75 - 5,30 = 4,45$$

$$\Delta p_2 Cl = 5,30 - 4,45 = 0,85$$

$$\Delta p_1 Cl / \Delta p_2 Cl = 3,15 / 0,85 = 3,71 \text{ marta katta}$$

26-masala

0,1 mol/l natriy xlorid eritmasini shu konsentrasiyali kumush nitrat eritmasi bilan titrlashdagi sakrash natriy yodid eritmasiga nisbatan necha marta kichik?

$$p\mathcal{E}K_{AgCl} = 9,75$$

$$p\mathcal{E}K_{AgJ} = 16,09$$

Berilgan: C=0,1 mol/l NaCl, NaJ, AgNO₃

Topish kerak: $\Delta pJ / \Delta pCl = ?$

Yechish: Odatda titrlash jarayonda ekvivalent nuqtasiga yaqinlashganda (taxminan, 0,1% ga yoki 0,1 ml qolganda) pCl, pJ va pAg ko'rsatkichlarni hisoblash konsentrasiyalarni 0,1 mol/l va xajmlari V₁=99,9 ml; V₂=100,1 ml; V₀=100 ml deb olib, quyidagi formulalar yordamida hisoblaymiz:

$$[J^-][Cl^-] = \frac{CV_0 - CV_1}{V_0 + V_1},$$

$$pCl = -\lg[Cl^-] = -\lg[J^-]$$

$$[Ag^+] = \frac{CV_2 - CV_0}{V_2 + V_0}$$

$$pAg = -\lg[Ag^+]$$

$$[J^-][Cl^-] = \frac{0,1 \cdot 100 - 99,9 \cdot 0,1}{199,9} = 0,00005 \text{ моль / л}$$

$$pCl = pJ = -\lg 5,0 \cdot 10^{-5} = 4,30$$

$p\mathcal{E}K_{AgCl}$ va $p\mathcal{E}K_{AgJ}$ bir-biriga teng bo'lganidan:

$$p\mathcal{E}K_{AgCl} = pAg + pCl \quad (1)$$

$$p\mathcal{E}K_{AgJ} = pAg + pJ \quad (2)$$

$$(1) \quad \text{Tenglama uchun } pAg = 9,75 - 4,43 = 5,45$$

$$(2) \quad \text{Tenglama uchun } pAg = 16,08 - 4,30 = 11,78$$

Agar eritma 0,1% ga ortiqcha titrlangan bo'lsa, U holda

$$[Ag^+] = \frac{100,1 \cdot 1,0 - 100 \cdot 0,1}{200,1} = 0,00005 \text{ моль / л}$$

$$pAg = -\lg 5 \cdot 10^{-5} = 4,30$$

(1)va (2) tenglamalar uchun yuqoridagi hisoblashga o'xshash r_{Cl} va r_J larni hisoblaymiz:

$$p_{Cl}=9,75-4,30=5,45; \quad p_J=16,08-4,30=11,78.$$

Shunday qilib, (99,9 ml) titrlanmay qolgan eritma uchun

$$p_{Cl}=4,30; \quad p_J=4,30; \quad p_{Ag}=5,45; \quad p_{Ag}=11,78; \quad \text{ortiqcha titrlangani uchun (100,1ml)} \\ p_{Cl}=5,45; \quad p_J=11,78; \quad p_{Ag}=4,30; \quad p_{Ag}=5,45.$$

$AgCl$ hosil bo'lishida sakrash oralig'i $\Delta p_{Cl} = 5,45 - 4,30 = 1,15$ ga, AgJ hosil bo'lishida $\Delta p_J = 11,78 - 5,45 = 7,33$ ga teng. Demak, $\Delta p_J / \Delta p_{Cl} = 7,33 / 1,15 = 6,50$ marta kichik ekan.

27-masala

20 ml 0,04 m li kumush nitrat eritmasi 0,02 m li ammoniy radanid eritmasi bilan titrlangan. Ekvivalent nuqtadan ± 10 ml, $\pm 1,00$ ml, $\pm 0,1$ ml uzoqlikdagi kation va anionlarning konsentrasiyalari hisoblansin. Olingan natijalar bo'yicha titrlash egri chizig'i qurilsin.

Berilgan:

$$C_0 = 0,04_M AgNO_3;$$

$$V_0 = 20_{ml} AgNO_3;$$

$$C_1 = 0,02_M NH_4CNS;$$

$$V_2 = \pm 10_{ml} (\text{экв.н.у.});$$

$$V_3 = \pm 1,00_{ml} (\text{экв.н.у.});$$

$$V_4 = \pm 0,1_{ml} (\text{экв.н.у.})$$

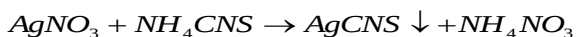
Topish kerak:

$$p_1 Ag \dots p_4 Ag,$$

$$p_1^{1} As \dots p_4^{1} Ag,$$

$$p_1 CNS \dots p_4 CNS = ?$$

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Ekvivalent nuqtada $[Ag^+] = [CNS^-]$ ga teng bo'ladi va kumush rodanidning eruvchanlik ko'paytmasi ($\mathcal{K}_{AgCNS} = 1,1 \cdot 10^{-12}$; $p\mathcal{K} = 11,97$) dan kumush ionining muvozanat konsentrasiyalarini topamiz:

$$\frac{C_0}{C_1} = \frac{V_{\text{экв.нук.}}}{V_0};$$

$$V_{\text{экв.нук.}} = \frac{0,04 \cdot 20}{0,02} = 40,00_{ml}$$

Ekvivalent nuqtadan uzoqda bo'lgan eritmaning hajmini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$V_{\text{экв. нук.}} \pm V_i (V_i - 10 \text{ мл}; 1 \text{ мл}; 0,1 \text{ мл})$$

$$V_{\text{экв. нук.}} - 10 = 30 \text{ мл}; V_{\text{экв. нук.}} + 10 = 50 \text{ мл}$$

$$V_{\text{экв. нук.}} - 1 = 39 \text{ мл}; V_{\text{экв. нук.}} + 1 = 41 \text{ мл}$$

$$V_{\text{экв. нук.}} - 0,1 = 39,9; V_{\text{экв. нук.}} + 0,1 = 40,1 \text{ мл}$$

Kumush ionining konsentrasiyasini topish uchun uning titrlanmay qolgan konsentrasiyasini umumiy konsentrasiyasidan ayirib hisoblaymiz:

$$C_2 = \frac{20 \cdot 0,04 - 30 \cdot 0,02}{50} = 4,00 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л } [Ag^+]$$

$$p_2 Ag = -\lg 4,00 \cdot 10^{-3} = 2,40$$

$$p_2 CNS = 11,97 - 2,40 = 9,57$$

$$C_3 = \frac{20 \cdot 0,04 - 39 \cdot 0,02}{59} = 3,39 \cdot 10^{-4} \text{ моль / л } [Ag^+]$$

$$p_3 Ag = -\lg 3,39 \cdot 10^{-4} = 3,47$$

$$p_3 CNS = 11,97 - 3,47 = 8,50$$

$$C_4 = \frac{20 \cdot 0,04 - 39,9 \cdot 0,02}{59,9} = 3,30 \cdot 10^{-5} \text{ моль / л } [Ag^+]$$

$$p_4 Ag = -\lg 3,30 \cdot 10^{-5} = 4,48$$

$$p_4 CNS = 11,97 - 4,48 = 7,49$$

NH_4CNS eritmasidan 40,10 ml qoʻshilganda eritmada ortiqcha NH_4CNS boʻladi, shuning uchun:

$$C_4^1 = \frac{40,10 \cdot 0,02 - 20 \cdot 0,04}{60,10} = 3,30 \cdot 10^{-5} \text{ моль / л } [CNS^-]$$

$$p_4^1 CNS = -\lg 3,30 \cdot 10^{-5} = 4,48$$

$$p_4^1 Ag = 11,97 - 4,48 = 7,49$$

$$C_3^1 = \frac{41 \cdot 0,02 - 20 \cdot 0,04}{61} = 3,27 \cdot 10^{-4} \text{ mol / l } [CNS^-]$$

$$p_3^1 CNS = -\lg 3,27 \cdot 10^{-4} = 3,49$$

$$p_3^1 Ag = 11,97 - 3,49 = 8,48$$

$$C_2^1 = \frac{50 \cdot 0,04 - 20 \cdot 0,04}{70} = 2,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol / l } [CNS^-]$$

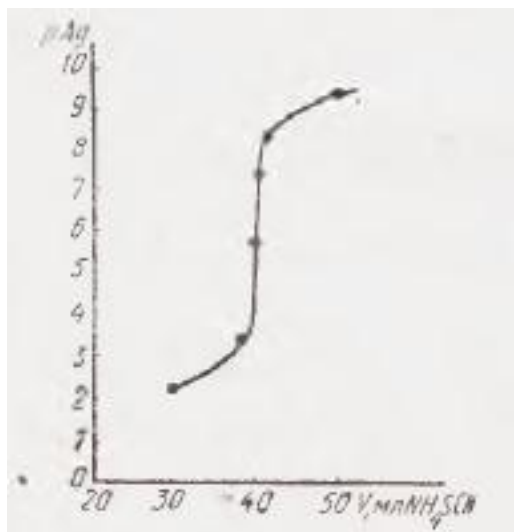
$$p_2^1 CNS = -\lg 2,86 \cdot 10^{-3} = 2,54$$

$$p_2^1 Ag = 11,97 - 2,54 = 9,43$$

Choʻktirish usuli bilan 20 ml 0,04 m li $AgNO_3$ eritmasini 0,02 m li ammoniy rodanid eritmasi bilan titrlashda olingan natijalarni jadval asosida titrlash egri chizigʻini quramiz (rasm 6):

10.4- jadval

pAg	2,40	3,47	4,48	5,88	7,49	8,48	9,43
V,ml	30,00	39,00	39,00	40,00	40,00	41,00	50,00



Rasm 10.3. 0,04 m $AgNO_3$ eritmasini 0,02 m NH_4CNS eritmasi bilan titrlash egri chizig'i.

28-masala

Tozalangan va quritilgan hamda, tarkibi $Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$ dan iborat EDTA reagentidan 3,85 g olib, ma'lum hajmda suvda eritib 1 l gacha suyultirildi. Eritilgan modda tarkibida 0,3 % ortiqcha namlik bor bo'lsa, tayyorlangan eritmaning molyar konsentratsiyasi hisoblansin.

Berilgan: $q=3,85 \text{ g } Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$; $V=1000 \text{ ml}$; namligi 0,3%

Topish kerak: $C=?$

Yechish: $Na_2H_2C_{10}N_{12}O_8N_2 \cdot 2H_2O$ ning molyar massasi 372,242 g (m) ga teng bo'lsa, 0,3 % i m_1 ga teng deb olamiz:

$$m_1 = \frac{0,3 \cdot 372,242}{100} = 1,1167 \text{ g}$$

Eritmaning xajmi 1 l ga teng bo'lgani uchun molyar massasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$C = \frac{q}{m + m_1}$$

$$C = \frac{3,85}{372,242 + 1,1167} = 0,0103 \text{ моль / л}$$

29-masala

Mn^{+2} ionning EDTA bilan hosil qilgan kompleksini berilgan pH da: a) 6,0; b) 8,0; d) 10,0 shartli qarorli konstantasi hisoblansin.

Berilgan: $pH=6,0$; $pH_2=8,0$; $pH_3=10,0$

Topish kerak: $K'_{MnH_2Y}=?$

Yechish: MnH_2Y kompleksining shartli qarorli konstantasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$K'_{MnH_2Y} = \alpha_4 K_{MnH_2Y}$$

Buyerda, K_{MnH_2Y} - Mn^{+2} ionning EDTA bilan hosil qilgan kompleksining qarorli konstantasi; $6,2 \cdot 10^{13}$ ga teng; $\alpha_4 - Y^{-4}$ ko'rinishdagi komplekslanmagan reagentning ulushi. α_4 qiymatini berilgan pH i bo'yicha 11-jadvaldan topish mumkin. Yozilgan kattaliklarning son qiymatlarini formulaga qo'yib (pH=6 uchun $\alpha_4 = 2,2 \cdot 10^{-5}$, pH=10 da $\alpha_4 = 5,4 \cdot 10^{-3}$, pH=8 da $\alpha_4 = 3,5 \cdot 10^{-1}$) hisoblaymiz:

30-masala

Kadmiyning ammiakli komplekslarini bosqichli qarorli konstantalari 320, 91, 20 va 6,2 ga teng. Agar ammiakning umumiy konsentratsiyasi 0,05 m va pH=9,0 bo'lsa, Cd^{+2} ionini Y^{-4} bilan reaksiyasi uchun shartli qarorli konstantasi hisoblansin.

Berilgan: $K_1=320$; $K_2=91$; $K_3=20$; $K_4=6,2$; $C=0,005$ m; pH=9

Topish kerak: $\beta = ?$ shartli konstanta

$$K_{CdY}^1 = ?$$

Yechish: Qarorli konstanta yig'indisi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\beta = \frac{[Cd^{+2}]}{C_M} \quad (1)$$

Bu yerda, C_M - EDTA bilan kompleks bog'lanmagan titrlanayotgan Cd^{+2} ionining umumiy konsentratsiyasi. Cd^{+2} va ammiak tarkibli eritma uchun C_M quyidagiga teng:

$$C_M = [Cd^{+2}] + [Cd(NH_3)^{+2}] + [Cd(NH_3)_2^{+2}] + [Cd(NH_3)_3^{+2}] + [Cd(NH_3)_4^{+2}]$$

β ning son qiymatini ammiakning konsentratsiyasi va qarorli konstantalari orqali topish mumkin.

Masalan,

$$K_1 = \frac{[Cd(NH_3)^{+2}]}{[Cd^{+2}][NH_3]}$$

$$[Cd(NH_3)^{+2}] = K_1 [Cd^{+2}] [NH_3]$$

C_M qiymatini (1) tenglamaga qo'yib, surat va maxrajdagi $[Cd^{+2}]$ ionlarni qisqartib, quyidagilarni olamiz:

$$\beta = \frac{1}{1 + K_1[NH_3] + K_1K_2[NH_3]^2 + K_1K_2K_3[NH_3]^3 + K_1K_2K_3K_4[NH_3]^4}$$

$$C_{NH_3} = [NH_3]$$

$$\beta = \frac{1}{1 + 320 \cdot 0,050 + 320 \cdot 91 \cdot (0,05)^2 + 320 \cdot 91 \cdot 20 \cdot (0,05)^3 + 320 \cdot 91 \cdot 20 \cdot 6,2 \cdot (0,020)^4} =$$

$$= \frac{1}{1 + 16 + 72,8 + 72,8 + 72,8 + 22,7485} = \frac{1}{185,3485} = 0,005395 \approx 5,40 \cdot 10^{-3}$$

Shartli konstanta qiymatini quyidagi formula yordamida topamiz:

$$K'_{CdY} = \alpha_4 \beta \cdot K_{CdY}$$

(α_4 ni jadvaldan olamiz: pH=9,0 uchun $\alpha_4 = 5,2 \cdot 10^{-2}$; $K_{CdY} = 2,9 \cdot 10^{16}$).

Topilgan kattaliklarning son qiymatini formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$K' = 5,2 \cdot 10^{-2} \cdot 5,40 \cdot 10^{-3} \cdot 2,9 \cdot 10^{16} = 8,14 \cdot 10^{12}$$

31-masala

Agar trilonat stronsiyning qarorli konstantasi $10^{8,63}$ ga teng bo'lsa, 10^{-2} m li $SrCl_2$ eritmasi shu konsentrasiyalı trilon B bilan titrlangan. Ekvivalent nuqtadagi stronsiy ko'rsatkich (pSr) hisoblansin.

Berilgan: $C_1 = 10^{-2}$ m $SrCl_2$; $C_2 = 10^{-2}$ m Na_2H_2Y ; $\beta = 10^{8,63}$

Topish kerak: pSr = ?

Yechish: Konsentrasiyalari bir xil bo'lgan $SrCl_2$ va Na_2H_2Y eritmalarining hajmi ham bir-biriga teng bo'ladi. Shundan kelib chiqib, kompleks ion $[SrY^{-2}]$ ning konsentrasiyasi $C_{1/2}$ ga teng ya'ni $0,5 \cdot 10^{-2}$ yoki $5 \cdot 10^{-3}$ mol/l ga teng bo'ladi. Stronsiy $[Sr^{+2}]$ ionning konsentrasiyasi trilon B ($C_{Na_2H_2Y}$) ning kompleksga kirishmagan umumiy konsentrasiyasiga teng bo'ladi:

$$[Sr^{+2}] = C_{Na_2H_2Y}$$

Kompleks ionning muvozanat konsentrasiyasi:

$$[SrY^{-2}] = 5,0 \cdot 10^{-3} - [Sr^{+2}] = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Kompleks $[SrY^{-2}]$ ionning qarorlik konstantasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\beta = \frac{[SrY^{-2}]}{[Sr^{+2}] \cdot C_{Na_2H_2Y}} \text{ ёки}$$

$$\beta = \frac{[SrY^{-2}]}{[Sr^{+2}]^2} \text{ бундан}$$

$$[Sr^{+2}] = \sqrt{\frac{[SrY^{-2}]}{\beta}} = \sqrt{\frac{5,0 \cdot 10^{-3}}{10^{8,63}}} = 2,25 \cdot 10^{-5,815};$$

$$pSr = -\lg[Sr^{+2}] = -\lg 2,20 \cdot 10^{-5,815} = 5,46$$

32-masala

25 ml 0,04 m li kobal' ioni $[Co^{+2}]$ ning eritmasi 0,05 m li Na_2H_2Y eritmasi bilan $rN=9$ ga teng bo'lgan ammiakli bufer (NH_3 va NH_4^+) ishtirokida titrlangan. NH_3 ning konsentrasiyasi o'zgaras 0,04 m ga teng. Titrlash egri chizig'i qurilsin. Har gal 0,00; 5,00; 10,00; 18,00; 20,00; 22,00; 30,00 ml dan titrant qo'shilgandan so'ng kobal't ko'rsatkichi (pSo) hisoblansin.

Berilgan: $C_0=0,04$ m Co^{+2} ; $V_0=25$ ml Co^{+2} ; $pH=9$; $K_{CoY}=2,0 \cdot 10^{16}$; $C=0,04$ m NH_3 ; $V_1=0,00$ Na_2H_2Y ; $V=5$ ml; $V_3=10,00$ ml; $V_4=18,00$; $V_5=20,00$ ml; $V_6=22,00$; $V_7=30$ ml Na_2H_2Y

Topish kerak: $p_1So \dots p_7So$. titrlash egri chizig'i qurish.

Yechish: Kobal'tni EDTA $pH=9$ da hosil qilgan kompleksining shartli qarorli konstantasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$K'_{CoY} = \alpha_4 K_{CoY}$$

α_4 ning $pH=9$ ga teng bo'lgan qiymatni 11-jadvaldan topamiz:

$$\alpha_4 = 5,2 \cdot 10^{-2}$$

$$K'_{CoY} = 5,2 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 10^{16} = 1,04 \cdot 10^{15}$$

Umumiy qarorli konstantasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\beta = \frac{1}{1 + K_1 C + K_1 K_2 C^2 + K_1 K_2 K_3 C^3 + K_1 K_2 K_3 K_4 C^4 + K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 C^5 + K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 C^6}$$

Kompleks $[Co(NH_3)_6]^{+2}$ ioni uchun bosqichli qarorli konstanta qiymatlarni adabiyot ma'lumotlardan olamiz ($K_1=98$; $K_2=32$; $K_3=8,5$; $K_4=4,4$; $K_5=1,1$; $K_6=0,18$)

$$\beta = \frac{1}{1 + 98 \cdot 0,04 + 98 \cdot 32 \cdot (0,04)^2 + 98 \cdot 32 \cdot 8,5 \cdot (0,04)^3 + 98 \cdot 32 \cdot 8,5 \cdot 4,4 \cdot (0,04)^4} \dots \rightarrow$$
$$\dots \rightarrow \frac{1}{+ 98 \cdot 32 \cdot 8,5 \cdot 4,4 \cdot 1,1 \cdot (0,04)^5 + 98 \cdot 32 \cdot 8,5 \cdot 4,4 \cdot 1,1 \cdot 0,18 \cdot (0,04)^6} = 8,36 \cdot 10^{-2}$$

Na_2H_2Y bilan kompleksga bog'lanmagan kobal't ionning muvozanat konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[Co^{+2}] = C_m \beta (C_m - C_0 \dots C_7);$$

$$[Co^{+2}]_1 = C_0 \beta = 4,00 \cdot 10^{-2} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л};$$

$$p_1 C_0 = -\lg 3,34 \cdot 10^{-3} = 2,48$$

Ekvivalent nuqtagacha kobal't eritmasiga titrant qo'shilgandan so'ng titrlanmay qolgan kobal't ionining konsentrasiyasini quyidagicha aniqlaymiz:

$$C_2 = \frac{25 \cdot 0,04 - 5 \cdot 0,05}{30} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

Muvozanat konsentrasiyasi:

$$[Co^{+2}]_2 = C_2 \beta = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 2,09 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л};$$

$$p_2 C_0 = -\lg 2,09 \cdot 10^{-3} = 2,68$$

$$C_3 = \frac{25 \cdot 0,04 - 10 \cdot 0,05}{35} = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[Co^{+2}]_3 = C_3 \beta = 1,43 \cdot 10^{-2} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л};$$

$$p_3 C_0 = -\lg 1,2 \cdot 10^{-3} = 2,92$$

$$C_4 = \frac{25 \cdot 0,04 - 18 \cdot 0,05}{43} = 2,33 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$[Co^{+2}]_4 = C_4 \beta = 2,33 \cdot 10^{-3} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л};$$

$$p_4 C_0 = -\lg 1,95 \cdot 10^{-4} = 3,71$$

Ekvivalent nuqtada kobal`tning umumiy konsentrasiyasi kompleksga bog`lanma Na_2H_2Y ning konsentrasiyasiga teng bo`ladi:

$$C_{Na_2H_2Y} = \frac{0,05 \cdot 20}{45} = 2,22 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[CoY^{-2}] = 2,22 \cdot 10^{-2} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$K_{CoY}^1 = \frac{[CoY^{2-}]}{[Co^{+2}]_5 \cdot C_{Na_2H_2Y}}$$

$$[Co^{+2}] = C_{Na_2H_2Y} \text{ ga teng bo`lgani uchun}$$

$$1,04 \cdot 10^{15} = \frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{[Co^{+2}]_5^2}$$

$$[Co^{+2}]_5^2 = \sqrt{\frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{1,04 \cdot 10^{15}}}$$

$$[Co^{+2}] = \sqrt{1,79 \cdot 10^{-18}} = 1,34 \cdot 10^{-9} \text{ моль / л}$$

$$p_2 Co = -\lg 1,34 \cdot 10^{-9} = 8,87$$

Ekvivalent nuqtadan o`tgandan so`ng kompleks $[CoY^{-2}]$ ionning va $[Na_2H_2Y]$ titrantning umumiy konsentrasiyalari quyidagicha hisoblanadi:

$$C_{Na_2H_2Y} = \frac{22 \cdot 0,05 - 25 \cdot 0,04}{47} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$[CoY^{-2}] = \frac{0,04 \cdot 25}{47} = 2,13 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

Yangi shartli konstanta $K''_{CoY^{-2}} = \alpha_4 \beta K_{CoY^{-2}}$ bu konstanta faqat pH ning va ammiakning konsentrasiyasining bir xil qiymatlarida ishlatiladi.

$$K''_{CoY^{-2}} = 5,2 \cdot 10^{-2} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 10^{16} = 8,69 \cdot 10^{13}$$

$$K''_{CoY^{-2}} = \frac{[CoY^{-2}]}{C_{Na_2H_2Y} \cdot C_6}$$

$$C_6 = \frac{2,13 \cdot 10^{-2}}{8,69 \cdot 10^{13} \cdot 2,13 \cdot 10^{-3}} = 1,15 \cdot 10^{-13} \text{ моль / л}$$

yxolda

$$[Co^{+2}]_6 = C_6 \beta = 1,15 \cdot 10^{-13} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 9,62 \cdot 10^{-15} \text{ моль / л};$$

$$p_6 Co = -\lg 9,62 \cdot 10^{-15} = 14,02$$

p_7Co ni hamma yuqoridagi hisoblash bo'yicha aniqlaymiz:

$$C_{Na_2H_2Y} = \frac{0,05 \cdot 30 - 250,04}{55} = 9,09 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$[CoY^{-2}] = \frac{0,0425}{55} = 1,82 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$C_7 = \frac{1,82 \cdot 10^{-2}}{9,09 \cdot 10^{-3} \cdot 8,69 \cdot 10^{13}} = 2,3 \cdot 10^{-14} \text{ моль / л}$$

$$[Co^{+2}]_f = 2,3 \cdot 10^{-14} \cdot 8,36 \cdot 10^{-2} = 1,92 \cdot 10^{-15} \text{ моль / л}$$

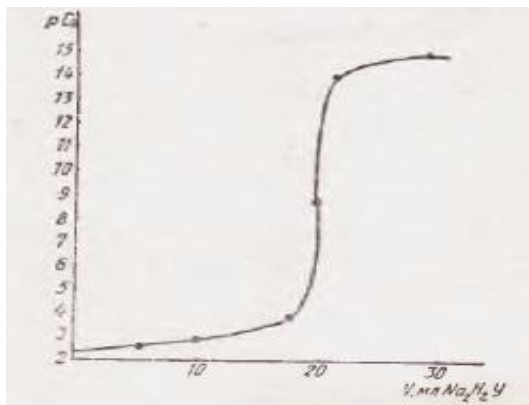
$$p_7Co = -\lg 1,92 \cdot 10^{-15} = 14,72$$

Topilgan qiymatlarni jadvalga qo'yamiz:

10. 5-jadval

pCo	2,48	2,68	2,92	3,71	8,87	14,02	14,72
$V_{Na_2H_2Y}$	0,00	5,00	10,00	18,00	20,00	22,00	30,00

Jadval natijalari asosida pCo ning $V_{Na_2H_2Y}$ ga bog'liq bo'lgan titrlash egri chizig'ini chizamiz:



Rasm 10.4. 0,04M li Co^{+2} eritmasini 0,05 M li Na_2H_2Y eritmasi bilan titrlash egri chizig'i.

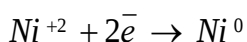
33-masala

Vodorod standart elektrodi va nikel` jufti  $Ni^{+2}/Ni^0$  dan tuzilgan elementning elektr yurituvchi kuchi (E.Yu.K.) ni hisoblang. Nikel` $[Ni^{+2}]$ ionining konsentratsiyasi 0,01 mol`/l ga teng.

Berilgan: $[Ni^{+2}] = 0,01 \text{ mol`/l}$

Topish kerak: E.Yu.K.=?

Yechish: Adabiyot ma`lumotlaridan elektrodning standart potentsiallarini topamiz:



$$E^0_{Ni^{+2} / Ni^0} = -0,230 \text{ e}$$

$$E^0_{2H^+ / H_2} = 0$$

Nikel` juftni real sharoitdagi potentsialini Nernst formulasi yordamida hisoblaymiz:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{2} \lg [Ni^{+2}]$$

$$E = -0,230 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = -0,230 - \frac{0,059 \cdot 2}{2} = -0,230 - 0,059 = -0,289\text{e}$$

$$\mathcal{J}.I.O.K. = E^0_{Ni^{+2}/Ni^0} - E^0_{2H^+/H_2} = -0,289 - 0 = -0,289\text{e}$$

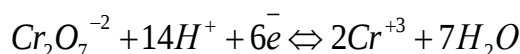
34-masala

Konsentrasiylari: $[Cr_2O_7^{-2}]$ -0,2 mol`l;  $[Cr^{+3}]$  -0,01mol`l; $[H^+]$ -0,001mol`lga teng bo`lgan $Cr_2O_7^{-2} / 2Cr^{+3}$ juftining oksidlash potentsiali hisoblansin.

Berilgan: $[Cr_2O_7^{-2}] = 0,2\text{mol`l}$ ;  $[Cr^{+3}] = 0,01\text{mol`l}$; $[H^+] = 0,001\text{mol`l}$

Topish kerak: $Cr_2O_7^{-2} / 2Cr^{+3} = ?$

Yechish: Adabiyot ma`lumotlardan $Cr_2O_7^{-2} / 2Cr^{+3}$ juftning oksidlash potentsialini topamiz:



$$E^0_{Cr_2O_7^{-2}/2Cr^{+3}} = +1,33\text{e}$$

$Cr_2O_7^{-2} / 2Cr^{+3}$ juftning real sharoitdagi potentsialini Nernst formula yordamida hisoblaymiz:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{6} \lg \frac{[Cr_2O_7^{-2}] \cdot [H^+]^{14}}{[Cr^{+3}]^2};$$

$$E = 1,33 + \frac{0,059}{6} \lg \frac{0,2 \cdot (0,001)^{14}}{(0,01)^2} = 1,33 + \frac{0,059}{6} \lg \frac{0,2 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^{14}}{(1 \cdot 10^{-2})^2} = 1,33 + \frac{0,059}{6} \lg 2 \cdot 10^{-39}$$

$$E = 1,33 - \frac{0,059 \cdot 38,6990}{6} = 1,33 - 0,3812 = 0,9488 \approx 0,95\text{e}$$

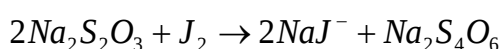
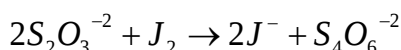
35-masala

25 ml yod eritmasi 24,85 ml 0,1034 N li natriy tiosul`fat eritmasi bilan titrlangan. Yod eritmasining normal konsentrasiyasi va titri aniqlansin.

Berilgan: $V_1 = 25 \text{ ml } J_2$; $V_2 = 24,85 \text{ ml } Na_2C_2O_3$; $C_2 = 0,1034 \text{ H}$

Topish kerak: $C_1 = ?$ $T_1 = ?$

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Yod eritmasining normal konsentrasiyasini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{V_1}$$

$$C_1 = \frac{0,1034 \cdot 24,85}{25} = 0,1024 \text{ mol/l}$$

Yod eritmasining titri quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

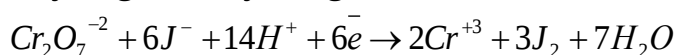
$$T = \frac{C \cdot \mathcal{E}_{J_2}}{1000};$$

$$\mathcal{E}_{J_2} = \frac{M}{2} \text{ бунидан}$$

$$T = \frac{C_1 \cdot M_{J_2}}{2 \cdot 1000} = \frac{0,1028 \cdot 253,809}{2 \cdot 1000} = 0,01305 \text{ g/ml}$$

36-masala

Quyidagi reaksiyaning muvozanat konstantasi hisoblansin:



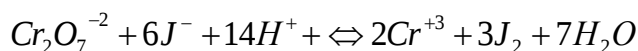
Berilgan:

$$E^0_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{+3}} = 1,33 \text{ V}$$

$$E^0_{\text{J}_2/2\text{J}^-} = +0,54 \text{ V}$$

Topish kerak: K=?

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Muvozanat konstanta quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\lg K = \frac{(E^0_1 + E^0_2) \cdot n}{0,059}$$

Bu yerda, E^0_1 va E^0_2 lar standart oksidlash potentsiallar;

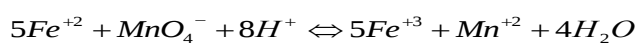
n-oʻtgan elektronlar soni

$$\lg K = \frac{(1,33 + 0,54) \cdot 6}{0,059} = 80,2030 \text{ бунидан}$$

$$K = 1,6 \cdot 10^8$$

37-masala

Quyidagi reaksiya uchun ekvivalent nuqtadagi sistemaning elektrod potentsiali hisoblansin:

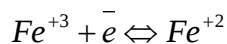
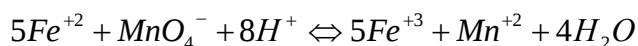


Vodorod ionining konsentratsiyasi 0,1 mol/l ga teng.

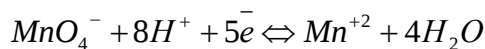
Berilgan: $[\text{H}^+] = 0,1 \text{ mol/l}$

Topish kerak: E=?

Yechish: Ushbu reaksiya uchun quyidagi yarim reaksiyani yozish mumkin:



$$E^0 = +0,77\text{e}$$



$$E^0 = +1,51\text{e}$$

Sistemaning potentsiallarini Nernst tenglamasi bo'yicha hisoblaymiz:

$$E_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = E^0 + \frac{0,059}{1} \lg \frac{[Fe^{+3}]}{[Fe^{+2}]};$$

$$E_{MnO_4^-/Mn^{+2}} = E^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[MnO_4^-] \cdot [H^+]^8}{[Mn^{+2}]}$$

Ikkala tenglamani qo'shib, sistemaning ekvivalent nuqtasidagi potentsialini aniqlaymiz:

$$E = \frac{E^0_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} + 5E^0_{MnO_4^-/Mn^{+2}}}{2} + \frac{0,059}{6} \lg [H^+]^8$$

$$E = \frac{0,77 + 5 \cdot 1,51}{2} + \frac{0,059}{6} \lg [0,1]^8 = 1,387 - 0,079 = 1,30\text{e}$$

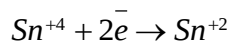
38-masala

0,5 ml 0,1 n li V^{+2} eritmasi 0,1 n li Sn^{+4} eritmasi bilan titrlangan. Titrlash egri chizig'i qurilsin. Titrlanayotgan eritmaga 10; 25; 49; 49,9; 50; 50,1; 51; 60 ml titrant qo'shilgandan so'ng eritma potentsiali hisoblansin.

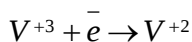
Berilgan: $S_1=0,1$ n V^{+2} ioni; $S_2=0,1$ n Sn^{+4} ioni; $V_1=50$ ml V^{+2} ; $V_2=10$ ml Sn^{+4} ; $V_3=25$; $V_4=49$; $V_5=49,9$; $V_6=50$; $V_7=50,1$; $V_8=51$; $V_9=60$ ml Sn^{+4} eritmasi.

Topish kerak: $E_1, \dots, E_9$. titrlash egri chizig'i qurilsin.

Yechish:



$$E^0_{Sn^{+4}/Sn^{+2}} = +0,154\text{e}$$



$$E^0_{V^{+3}/V^{+2}} = -0,255\text{e}$$

Boshlang'ich potentsialni hisoblay olmaymiz, chunki V^{+2} ioni havo kislorodi bilan oksidlanib, V^{+3} ioniga o'tadi. Uning konsentratsiyasi bizga noma'lum.

$[Sn^{+2}]$, $[V^{+2}]$, $[V^{+3}]$ ionlarning ekvivalent nuqtasigacha konsentratsiyalarini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$[Sn^{+2}] = \frac{V_1 \cdot C_1}{V_1 + V_i};$$

$$[V^{+2}] = \frac{C_1 V_1 - C_2 V_i}{V_1 + V_i};$$

$$[V^{+2}] = \frac{V_i \cdot C_2}{V_1 + V_i}$$

Bu yerda, V_i -titrlash jarayonida eritmaga qoʻshilgan qalay (IV) eritmasining hajmi.

$$[Sn^{+2}]_2 = \frac{10 \cdot 0,1}{60} = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+2}]_2 = \frac{50 \cdot 0,1 - 10 \cdot 0,1}{60} = 6,67 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+3}]_2 = \frac{10 \cdot 0,1}{60} = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[Sn^{+2}]_3 = \frac{25 \cdot 0,1}{75} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+2}]_3 = \frac{50 \cdot 0,1 - 25 \cdot 0,1}{75} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+3}]_3 = \frac{25 \cdot 0,1}{60} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[Sn^{+4}]_4 = \frac{49 \cdot 0,1}{99} = 4,95 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+2}]_4 = \frac{50 \cdot 0,1 - 49 \cdot 0,1}{99} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+3}]_4 = \frac{49 \cdot 0,1}{99} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[Sn^{+2}]_5 = \frac{49 \cdot 0,1}{99,9} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$[V^{+2}]_5 = \frac{50 \cdot 0,1 - 49,9 \cdot 0,1}{99,9} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

Ekvivalent nuqttagacha sistemaning potentsiali quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$E = E^0_{V^{+2}} - 0,059 \lg \left[\frac{[V^{+2}]}{[V^{+3}]} \right]$$

$$E_2 = -0,255 - 0,059 \lg \frac{6,67 \cdot 10^{-2}}{1,67 \cdot 10^{-2}} = -0,255 - 0,036 = -0,291 \text{ в}$$

$$E_3 = -0,255 - 0,059 \lg \frac{3,33 \cdot 10^{-2}}{3,33 \cdot 10^{-2}} = -0,255 \text{ в}$$

$$E_4 = -0,255 - 0,059 \lg \frac{1 \cdot 10^{-3}}{4,95 \cdot 10^{-2}} = -0,255 + 0,1 = -0,155 \text{ в}$$

$$E_5 = -0,255 - 0,059 \lg \frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-2}} = -0,255 + 0,159 = -0,096 \text{ в}$$

Sistemaning ekvivalent nuqtadagi potentsialini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$E_6 = \frac{E^0_{V^{+2}} + 2E^0_{Sn^{+4}}}{3} - \frac{0,059}{3} \lg \frac{[V^{+2}] \cdot [Sn^{+2}]}{[V^{+3}]^2 \cdot [Sn^{+4}]}$$

Bu yerda, $[V^{+3}] = 2[Sn^{+2}]$; $[V^{+2}] = 2[Sn^{+4}]$ ga teng boʻlgani uchun $[V^{+2}] = [V^{+3}] = 0,005 \text{ моль / л}$ ga teng boʻladi:

$$E_6 = \frac{E^0_{V^{+2}} + 2E^0_{Sn^{+4}}}{3} - \frac{0,059}{3} \lg \frac{[V^{+2}]}{[V^{+3}]}$$

Bundan,

$$E_6 = \frac{E^0_{V^{+2}} + 2E^0_{Sn^{+4}}}{3} = \frac{-0,255 + 2 \cdot 0,54}{3} = 0,0186$$

Ekvivalent nuqtadan so'ng sistemaning potentsiali quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$E = E^0_{Sn^{+4}} - \frac{0,059}{2} \lg \frac{[Sn^{+2}]}{[Sn^{+4}]}$$

$$[Sn^{+4}]_7 = \frac{1 \cdot (50,10 \cdot 0,1 - 50 \cdot 0,1)}{2 \cdot 100,10} = 4,95 \cdot 10^{-5} \text{ моль / л}$$

$$[Sn^{+4}]_7 = \frac{1 \cdot 50 \cdot 0,1}{2 \cdot 100,10} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$E_7 = -0,154 - \frac{0,059}{2} \lg \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{4,95 \cdot 10^{-5}} = 0,154 - 0,08 = 0,0746$$

$$[Sn^{+4}]_8 = \frac{1 \cdot (51 \cdot 0,1 - 50 \cdot 0,1)}{2 \cdot 101} = 4,95 \cdot 10^{-4} \text{ моль / л}$$

$$[Sn^{+2}] = \frac{1 \cdot 50 \cdot 0,1}{2 \cdot 101} = 2,48 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

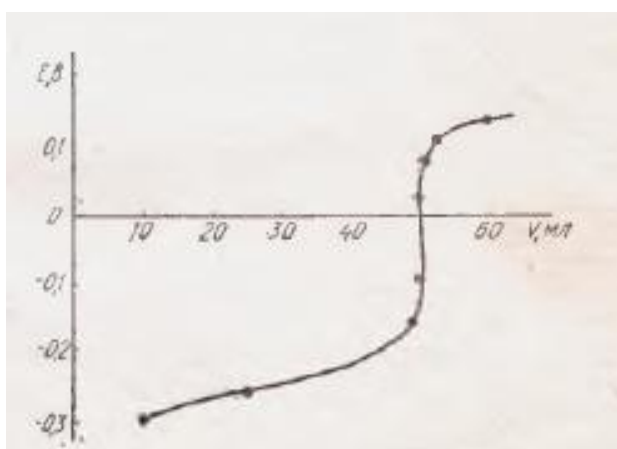
$$E_8 = 0,154 - \frac{0,059}{2} \lg \frac{2,48 \cdot 10^{-2}}{4,95 \cdot 10^{-4}} = 0,154 - 0,05 = 0,1046$$

$$[Sn^{+4}]_9 = \frac{1 \cdot (60 \cdot 0,1 - 50 \cdot 0,1)}{2 \cdot 110} = 4,55 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л}$$

$$[Sn^{+2}]_9 = \frac{1 \cdot 50 \cdot 0,1}{2 \cdot 110} = 2,27 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л}$$

$$E_9 = 0,154 - \frac{0,059}{2} \lg \frac{2,27 \cdot 10^{-2}}{4,55 \cdot 10^{-4}} = 0,154 - 0,021 = 0,1336$$

Topilgan natijalar asosida titrlash egri chizig'ini quramiz:



Rasm. 10.5. 0,1000 n. li V^{+2} eritmasini 0,1000n. li Sn^{4+} eritmasi bilan titrlash egri chizig'i.

Ilovalar

1-жадвал. Тўртта бир хил хатоликлар ва уларнинг комбинациялари

Тасодиф хатоликлар катталиги қийматининг йиғиндис	Тасодиф хатоликнинг йиғинди қиймати	Хатоликларнинг нисбий частотаси
$-Z_1+Z_2+Z_3+Z_4$	$+4Z$	1
$+Z_1-Z_2+Z_3+Z_4$		
$+Z_1+Z_2-Z_3+Z_4$	$+2Z$	4
$+Z_1+Z_2+Z_3-Z_4$		
$-Z_1-Z_2+Z_3+Z_4$		
$+Z_1+Z_2-Z_3-Z_4$		
$+Z_1-Z_2+Z_3-Z_4$		
$-Z_1+Z_2-Z_3+Z_4$	0	6
$-Z_1+Z_2+Z_3-Z_4$		
$+Z_1-Z_2-Z_3+Z_4$		
$+Z_1-Z_2-Z_3-Z_4$		
$-Z_1+Z_2-Z_3-Z_4$	$-2Z$	4
$-Z_1-Z_2-Z_3+Z_4$		
$-Z_1-Z_2-Z_3-Z_4$	$-4Z$	1

2-жадвал. Ҳисоблаш учун ишонч чегараларининг t қиймати

n та ўлчашлар сони	Эркинлик даражаси ($f=n-1$)	Ҳавфлик улуши (ишонч чегараси % P)		
		0,10 (90)	0,05 (95)	0,01 (99)
1	2	3	4	5
2	1	6,314	12,706	63,657
3	2	2,920	4,303	9,925
4	3	2,353	3,182	5,841
5	4	2,132	2,776	4,604
6	5	2,015	2,571	4,032
7	6	1,943	2,447	3,707
8	7	1,895	2,365	3,499
9	8	1,860	2,306	3,355
10	9	1,833	2,262	3,250
11	10	1,812	2,228	3,169
12	11	1,796	2,201	3,106

13	12	1,782	2,179	3,055
14	13	1,771	2,160	3,012
15	14	1,761	2,145	2,977
16	15	1,753	2,131	2,947
21	20	1,725	2,086	2,845
26	25	1,708	2,060	2,787
31	30	1,697	2,042	2,750
41	40	1,684	2,021	2,704
61	60	1,671	2,000	2,660
$\infty+1$	∞	1,645	1,960	2,576

3-жадвал. Критик қийматлар, $t_{кр}$

Ўлчов сони, n	Ишонч коэффициенти, α			
	0,95	0,98	0,99	0,999
5	3,04	4,11	5,04	9,43
6	2,87	3,64	4,36	7,41
7	2,62	3,36	3,96	6,37
8	2,51	3,18	3,71	5,73
9	2,43	3,05	3,54	5,31
10	2,37	2,96	3,41	5,01
11	2,33	2,89	3,31	4,79
12	2,29	2,83	3,23	4,62
13	2,26	2,78	3,17	4,48
14	2,24	2,74	3,12	4,37
15	2,22	2,71	3,08	4,28
20	2,145	2,602	2,932	3,979
25	2,105	2,541	2,852	3,819
30	2,079	2,503	2,802	3,719
35	2,061	2,476	2,768	3,652
40	2,048	2,456	2,742	3,602
50	2,030	2,429	2,707	3,532
60	2,018	2,411	2,683	3,492
70	2,009	2,399	2,667	3,462
100	1,994	2,377	2,639	3,409
	1,960	2,326	2,576	3,291

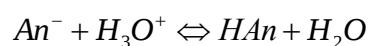
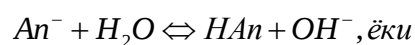
4-жадвал. Диапазон қийматлар бўйича ҳисоблаш учун стандарт четга чиқишнинг четга чиқиш факторининг қиймати

Ўлчов сони, n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Четга чиқиб фактори, k	0,89	0,59	0,49	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,33

5-жадвал. Активлик коэффициенти f_a

Ион кучи μ	Ионлар			
	Бир зарядли	Икки зарядли	Уч зарядли	Тўрт зарядли
0,001	0,96	0,86	0,73	0,56
0,005	0,92	0,72	0,51	0,30
0,01	0,89	0,63	0,39	0,19
0,05	0,81	0,44	0,15	0,04
0,1	0,78	0,33	0,08	0,01

6-жадвал. Кислота ва асосларнинг ионланиш константаси



$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [An^-]}{[HAn]}; \mu = 0$$

$$K_b = \frac{[HAn] + [OH^-]}{[An^-]}$$

Кислота ва асосларнинг номлари	Формуласи	$K_{a,b}$
Бир асосли (бир негизли)		
Нитрит кислота	HNO_2	$6,2 \cdot 10^{-4}$
Фторид кислота	HF	$6,5 \cdot 10^{-4}$
Цианид кислота	HCN	$6,2 \cdot 10^{-10}$
Сирка кислота	CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Аммиак	$NH_3 \square H_2O$	$1,75 \cdot 10^{-5}$
Анилин	$C_6H_5NH_2$	$1,76 \cdot 10^{-5}$
Чумоли кислота	$HCOOH$	$3,31 \cdot 10^{-10}$
Икки асосли (икки негизли)		
Сульфит кислота	H_2SO_4	
K_1		$1,7 \cdot 10^{-2}$
K_2		$6,2 \cdot 10^{-2}$
Водород сульфид	H_2S	
K_1		$1,0 \cdot 10^{-2}$

K_2 <i>Кремний кислота</i>	H_2SiO_3	$6,2 \cdot 10^{-2}$
K_1		$1 \cdot 10^{-10}$
K_2 <i>Қўрғошин гидроксиди</i>	$Pb(OH)_2$	$2,1 \cdot 10^{-10}$
K_1		$8,71 \cdot 10^{-4}$
K_2		$1,51 \cdot 10^{-8}$
<i>Уч асосли (уч негизли)</i>		
<i>Бор кислота</i> K_1	H_3BO_3	$5,75 \cdot 10^{-10}$
<i>Ортофосфор кислота</i> K_1	H_3PO_4	$7,08 \cdot 10^{-3}$
K_2		$6,17 \cdot 10^{-8}$
K_3		$4,68 \cdot 10^{-13}$

7-жадвал. Сувнинг ион қўпайтмаси
(ҳарорати 0-100 °C)

$$K_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}; \sqrt{K_{H_2O}} = a_{H^+} = a_{OH^-}$$

$t, ^\circ C$	K_{H_2O}	$\sqrt{K_{H_2O}}$
0	$0,11 \cdot 10^{-14}$	$0,33 \cdot 10^{-7}$
5	$0,17 \cdot 10^{-14}$	$0,42 \cdot 10^{-7}$
10	$0,30 \cdot 10^{-14}$	$0,54 \cdot 10^{-7}$
15	$0,46 \cdot 10^{-14}$	$0,68 \cdot 10^{-7}$
18	$0,60 \cdot 10^{-14}$	$0,77 \cdot 10^{-7}$
20	$0,69 \cdot 10^{-14}$	$0,63 \cdot 10^{-7}$
25	$1,00 \cdot 10^{-14}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$
30	$1,48 \cdot 10^{-14}$	$1,22 \cdot 10^{-7}$

$t, ^\circ C$	K_{H_2O}	$\sqrt{K_{H_2O}}$
35	$2,09 \cdot 10^{-14}$	-
40	$2,95 \cdot 10^{-14}$	$1,70 \cdot 10^{-7}$
50	$5,50 \cdot 10^{-14}$	$2,34 \cdot 10^{-7}$
60	$9,55 \cdot 10^{-14}$	$3,09 \cdot 10^{-7}$
70	$15,8 \cdot 10^{-14}$	$3,98 \cdot 10^{-7}$
80	$25,1 \cdot 10^{-14}$	$5,01 \cdot 10^{-7}$
90	$38,0 \cdot 10^{-14}$	$6,17 \cdot 10^{-7}$
100	$55,0 \cdot 10^{-14}$	$7,41 \cdot 10^{-7}$

8-жадвал. Кам эрувчан моддаларнинг муҳим эрувчанлик қўпайтмаси (ЭК), pЭК – ЭК кўрсаткичи

Моддаларнинг формуласи	ЭК	$pЭК = -\lg ЭК$
Ag_3AsO_4	$1,0 \cdot 10^{-22}$	22,0
$AgBr$	$5,3 \cdot 10^{-13}$	12,28
$AgCl$	$1,78 \cdot 10^{-10}$	9,75
$BaCO_3$	$5,1 \cdot 10^{-9}$	8,29
$BaSO_4$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,97

CaCO_3	$4,8 \cdot 10^{-9}$	8,32
CaC_2O_4	$2,6 \cdot 10^{-9}$	8,64
$\text{Cr}(\text{OH})_3$ (Cr^{3+} , 3OH^-)	$6,3 \cdot 10^{-31}$	30,20
SrCO_3	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
$\text{Zn}(\text{OH})_2$ (Zn^{2+} , 2OH^-)	$7,1 \cdot 10^{-18}$	17,15

Илова: $\mathcal{E}K_K \cdot A_{n_n} = a_K^m \cdot a_{An}^n$

бу ерда, a_K – катионнинг активлиги; a_{An} – анионнинг активлиги. Эрувчанлик кўпайтмасининг кўрсаткичи $p\mathcal{E}K$ – эрувчанлик кўпайтмасининг тескари ишорали логарифмаси ($-\lg \mathcal{E}K$).

9-жадвал. Айрим комплекс ионларининг беқарорлик константаси

Комплекс ион ва унинг диссоциацияси	Беқарорлик константаси, K
1	2
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \Leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$	$5,75 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \Leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$
$[\text{AgS}_2\text{O}_3]^- \Leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$1,51 \cdot 10^{-9}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \Leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} \Leftrightarrow \text{Cd}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$7,76 \cdot 10^{-18}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \Leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$9,33 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \Leftrightarrow \text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3$	$6,2 \cdot 10^{-36}$
$[\text{HgI}_4]^{2-} \Leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$5,0 \cdot 10^{-31}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \Leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,0 \cdot 10^{-9}$
$[\text{HgBr}_4]^{2-} \Leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{Br}^-$	$2,2 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} \Leftrightarrow \text{Hg}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$4,0 \cdot 10^{-42}$

10-жадвал. Водород ва кислороднинг қучланганлиги

Ток зичлиги $A/\text{см}^2$	Водород		Кислород	
	Силлиқ платина	Платиналанган, Pt	Силлиқ платина	Платиналанган, Pt
0,001	0,024	0,015	0,720	0,400
0,010	0,068	0,030	0,850	0,520
0,100	0,290	0,041	1,280	0,640
1,000	0,680	0,048	1,490	0,770

11-жадвал. Эритмадаги ЭДТА ҳар хил рН қийматидаги диссоциация даража (α_4) қиймати

pH	α_4
2,0	$3,7 \cdot 10^{-14}$
3,0	$2,5 \cdot 10^{-11}$
4,0	$3,6 \cdot 10^{-9}$
5,0	$3,5 \cdot 10^{-7}$
6,0	$2,2 \cdot 10^{-5}$

pH	α_4
7,0	$4,8 \cdot 10^{-4}$
8,0	$5,4 \cdot 10^{-3}$
9,0	$5,2 \cdot 10^{-2}$
10,0	$3,5 \cdot 10^{-1}$
11,0	$8,5 \cdot 10^{-1}$
12,0	$9,8 \cdot 10^{-1}$

12-жадвал. 1 дан 100 гача сонларнинг квадрати, кубы, квадрат илдизлари ва куб илдизлари

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
1	1	1	1,0000	1,0000
2	4	8	1,4142	1,2599
3	9	27	1,7321	1,7321
4	16	64	2,0000	2,0000
5	25	125	2,2361	2,2361
6	36	216	2,4495	2,4495
7	49	343	2,6458	2,6458
8	64	512	2,8284	2,000
9	81	729	3,0000	2,0801
10	100	1000	3,1623	2,1544
11	121	1331	3,3166	2,2240
12	144	1728	3,4641	2,2894
13	169	2197	6,056	2,3513
14	196	2744	3,7417	2,4101
15	225	3375	3,8730	2,4662
16	256	4096	4,0000	2,5198
17	289	4913	4,1231	2,5713
18	324	5832	4,2426	2,6207
19	361	6859	4,3589	2,6684
20	400	8000	4,4721	2,7144
21	441	9261	4,5826	2,7586
22	484	10648	4,6904	2,8020

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
51	2601	132661	7,1414	3,7084
52	2704	140608	7,2111	3,7325
53	2809	148877	7,2801	3,7563
54	2916	157464	7,3485	3,7798
55	3025	166375	7,4162	3,8030
56	3136	175616	7,4833	3,8259
57	3249	185193	7,5498	3,8485
58	3364	195112	7,5168	3,8709
59	3481	205379	7,6811	3,8930
60	3600	216000	7,7460	3,9149
61	3721	226981	7,8102	3,9365
62	3844	238328	7,8740	3,9579
63	3969	250047	7,9373	3,9791
64	4096	262144	8,0000	4,0000
65	4225	274625	8,0623	4,0207
66	4356	287496	8,1240	4,0412
67	4489	300763	8,1854	4,0615
68	4624	314432	8,2462	4,0817
69	4761	328509	8,3066	4,1016
70	4900	343000	8,3666	4,1213
71	5041	357911	8,4261	4,1408
72	5184	373248	8,4853	4,1602

23	529	12167	4,7958	2,8439		73	5329	389017	8,5440	4,1793
24	576	13824	4,8990	2,8845		74	5476	405224	8,6023	4,1983
25	625	15625	5,0000	2,9240		75	5625	421875	8,6603	4,2172
26	676	17576	5,0990	2,9625		76	5776	438976	8,7178	4,2358
27	729	19683	5,1962	3,0000		77	5929	456533	8,7750	4,2543
28	784	21952	5,2915	3,0366		78	6084	474552	8,8318	4,2727
29	841	24389	5,3852	3,0723		79	6241	493039	8,8882	4,2908
30	900	27000	5,4772	3,1072		80	6400	512000	8,9443	4,3089
31	961	29791	5,5678	3,1414		81	6561	531441	9,0000	4,3267
32	1024	32768	5,6569	3,1748		82	6724	551368	9,0554	4,3444
33	1089	35937	5,7446	3,2075		83	6889	571787	9,1104	4,3621
34	1156	39304	5,8310	3,2396		84	7056	592704	9,1652	4,3795
35	1225	42875	5,9161	3,2711		85	7225	614125	9,2195	4,3968
36	1296	46656	6,0000	3,3019		86	7396	636056	9,2736	4,4140
37	1369	50653	6,0828	3,3322		87	7569	658503	9,3274	4,4310
38	1444	54872	6,1644	3,3620		88	7744	681472	9,3808	4,4480
39	1521	59319	6,2450	3,3912		89	7921	704969	9,4340	4,4647
40	1600	64000	6,3245	3,4200		90	8100	729000	9,4868	4,4814
41	1681	68921	6,4031	3,4482		91	8281	753571	9,5394	4,4979
42	1764	74088	6,4807	3,4760		92	8464	778688	9,5917	4,5144
43	1849	79507	6,5774	3,5034		93	8649	804357	9,6437	4,5307
44	1936	85184	6,6333	3,5303		94	8836	830584	9,6954	4,5468
45	2025	91125	6,7082	3,5569		95	9025	857375	9,7468	4,5629
46	2116	97336	6,7823	3,5830		96	9216	884736	9,7980	4,5789
47	2209	103823	6,8556	3,6088		97	9409	912673	9,8489	4,5947
48	2304	110592	6,9282	3,6342		98	9604	941192	9,8995	4,6104
49	2401	117649	7,0000	3,6593		99	9801	970299	9,9499	4,6261
50	2500	125000	7,0711	3,6840		100	10000	1000000	1000000	4,6416

13- жадвал. Логарифмлар

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Пропорционал қисмлар								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1034	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2579	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9

44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6994	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	9591	9597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	6620	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5

82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	3	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	3	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	3	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9633	0	1	1	2	3	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9680	0	1	1	2	3	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9727	0	1	1	2	3	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9773	0	1	1	2	3	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9818	0	1	1	2	3	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9868	0	1	1	2	3	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9586	0	1	1	2	3	3	3	4	4
97	9863	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	3	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	3	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	3	3	3	3	4

14-жадвал. Антилогарифмлар

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Пропорционал қисмлар								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	1	1	1	1	2	2	2	2
04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3

15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	3	4
29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2233	2239	1	1	2	2	3	3	4	4	5
37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	5	6
49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6
50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3014	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7

53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
66	4571	4581	4592	4603	4613	4324	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4874	1	2	3	4	6	7	8	9	10
69	4898	7909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	6	7	8	10	11	13
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6106	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	12	13
80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17

91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

15-жадвал. Металл ионларининг ЭДТА билан ҳосил қилган комплексларининг барқарорлик константалари
(ҳарорати $t = 20^\circ \text{C}$, ион кучи $\mu = 0,1$)

Катион	K_{MY}	$\lg K_{MY}$	Катион	K_{MY}	$\lg K_{MY}$
Ag^+	$2,1 \cdot 10^7$	7,32	Cu^{2+}	$6,3 \cdot 10^{18}$	18,80
Mg^{2+}	$4,9 \cdot 10^8$	8,69	Zn^{2+}	$3,2 \cdot 10^{16}$	16,50
Ca^{2+}	$5,0 \cdot 10^{10}$	10,70	Cd^{2+}	$2,9 \cdot 10^{16}$	16,46
Sr^{2+}	$4,3 \cdot 10^8$	8,63	Hg^{2+}	$6,3 \cdot 10^{21}$	21,80
Ba^{2+}	$5,8 \cdot 10^7$	7,76	Pb^{2+}	$1,1 \cdot 10^{18}$	18,04
Mn^{2+}	$6,2 \cdot 10^{13}$	13,79	Al^{3+}	$1,3 \cdot 10^{16}$	16,13
Fe^{2+}	$2,1 \cdot 10^{14}$	14,33	Fe^{3+}	$1,3 \cdot 10^{25}$	25,10
Co^{2+}	$2,0 \cdot 10^{16}$	16,31	V^{3+}	$7,9 \cdot 10^{25}$	25,90
Ni^{2+}	$4,2 \cdot 10^{18}$	18,62	Th^{4+}	$1,6 \cdot 10^{23}$	23,20

16-жадвал. Чўктириб титрлашнинг ҳар хил усуллари

Титрант	Аниқланувчи ион	Реакция маҳсулоти	Индикаторлар
$K_4[Fe(CN)_6]$	Zn^{2+}	$K_2Zn_3[Fe(CN_2)_6]$	Дифениламин
$Pb(NO_3)_2$	SO_4^{2-}	$PbSO_4$	Эритрозин
$Pb(CH_3COO)_2$	PO_4^{3-} $C_2O_4^{2-}$	$Pb_2(PO_4)_2$ PbC_2O_4	Дибромфлуоресцин Флуоресцин
$Th(NO_3)_4$	F^-	ThF_4	Қизил ализарин
$Hg_2(NO_3)_2$	Cl^- , Br^-	Hg_2X_2	Бромфенол кўки
$NaCl$	Hg_2^{2+}	Hg_2H_2	Бромфенол кўки

17- жадвал. Оксидланиш – қайтарилиш индикаторлари

Индикатор	E_0^h , (pH = 0)	Индикатор рангининг ўзгариши	
		Оксидланиш	Қайтарилиш
Сафранин Т	0,24	Қизил	Рангсиз
Нейтрал қизили	0,24	Қизил	Рангсиз
Индигомоносульфон кислота	0,26	Кўк	Рангсиз
Индиготетрасульффон кислота	0,37	Кўк	Рангсиз
Метилен кўки	0,53	Кўкимтир ҳаворанг	Рангсиз
2,6-дихлофенолиндофенол	0,64	Кўк	Рангсиз
2,6-дибромбензолиндофенол	0,67	Кўк	Рангсиз
Дифениламин - дифенилбензидин	0,76	Сиёҳ ранг	Рангсиз
Дифениламинсульфон кислота	0,85	Қизил-сиёҳранг	Рангсиз
Н-фенилантранил кислота	1,08	Сиёҳранг-қизил	Рангсиз
1,10-Фенантролин-Fe (II)-комплекс	1,06	Оч-ҳаворанг	Қизил
Нитро-о-фенантролин- Fe (II)-комплекси	1,25	Оч-ҳаворанг	Сиёҳранг-қизил

18-жадвал. Кислота-асос индикаторлар

Индикатор номлари	pH оралиғи		Рангининг ўзгариши	
	Сувда	Ацетонда	Кислотали форма	Ишқорий форма
Метил сиёҳранг (1-ўтиши)	0,13-0,5	-	сарик	яшил
Метил яшил	0,1-2,0	-	сарик	яшил
Метил сиёҳранг (2-ўтиши)	1,0-1,5	-	яшил	кўк
Тимол кўки (1-ўтиши)	1,2-2,8	2,4-4,0	қизил	сарик
Тропеолин 00	1,4-3,2	-	қизил	сарик
Метил сиёҳранг (3-ўтиши)	2,0-3,0	-	кўк	сиёҳранг
β-динитрофенол	2,4-4,0	-	рангсиз	сарик
α-динитрофенол	2,8-4,4	-	рангсиз	сарик
Метилоранж	3,0-4,4	1,0-2,7	қизил	сарик
Бромфенол кўки	3,0-4,6	6,5-8,3	сарик	кўк
Конгоқизил	3,0-5,2	-	кўк- сиёҳранг	қизил
Ализарин қизили (1-ўтиши)	3,7-5,2	-	сарик	сиёҳранг
γ-динитрофенол	4,0-5,4	-	рангсиз	сарик
Метил қизили	4,4-6,2	1,7-3,7	қизил	сарик

<i>п-нитрофенол</i>	5,6-7,6	-	<i>рангсиз</i>	<i>сарик</i>
<i>Бромтимол кўки</i>	6,0-7,6	11,4-12,8	<i>сарик</i>	<i>кўк</i>
<i>Нейтрал қизили</i>	6,8-9,0	-	<i>қизил</i>	<i>сарик</i>
<i>Тропеолин 000</i>	7,6-9,0	-	<i>қўнғир-сарик</i>	<i>малина-қизил</i>
<i>Тимол кўки (2-ўтиши)</i>	8,0-9,6	-	<i>сарик</i>	<i>кўк</i>
<i>Фенолфталеин</i>	8,2-10,0	-	<i>рангсиз</i>	<i>қизил</i>
<i>Тимолфталеин</i>	9,4-10,5	-	<i>рангсиз</i>	<i>кўк</i>
<i>Тропеолин 0</i>	11,0-13,0	-	<i>сарик</i>	<i>қўнғир-сарик</i>
<i>Индигокармин</i>	11,6-14,0	-	<i>кўк</i>	<i>сарик</i>
<i>1,3,5-тринитробензол</i>	12,2	-	<i>рангсиз</i>	<i>пушти</i>

19-жадвал. Гравиметрик таҳлилдаги қайта-ҳисоб фактори

<i>Аниқланувчи модданинг номи</i>	<i>Кўпайтмаси</i>		<i>Аниқланувчи модданинг номи</i>	<i>Кўпайтмаси</i>	
	<i>N*</i>	<i>lg N</i>		<i>N*</i>	<i>lg N</i>
<i>Ag : AgCl</i>	0,7526	8765	<i>Na : NaCl</i>	0,3934	5948
<i>2Al : Al₂O₃</i>	0,5292	7237	<i>Na₂O : 2NaCl</i>	0,5303	7245
<i>Al₂O₃ : 2Al(C₉H₆ON)₃</i>	0,1109	0448	<i>Ni : Ni(C₄H₇N₂O₂)₃</i>	0,2032	3079
<i>Al₂O₃ : 2AlPO₄</i>	0,4180	6212	<i>2P : Mg₂P₂O₇</i>	0,2783	4445
<i>Ba : BaSO₄</i>	0,5884	7697	<i>2PO₄ : Mg₂P₂O₇</i>	0,8535	9312
<i>C : CO₂</i>	0,2729	4360	<i>P₂O₅ : Mg₂P₂O₇</i>	0,6379	8047
<i>Ca : CaO</i>	0,7147	8541	<i>Pb : PbSO₄</i>	0,6832	8345
<i>Ca : CaSO₄</i>	0,2944	4689	<i>Pb : PbCrO₄</i>	0,6411	8070
<i>Ca : CaC₂O₄ · H₂O</i>	0,3838	5841	<i>S : BaSO₄</i>	0,1374	1380
<i>Cl : AgCl</i>	0,2474	3934	<i>SO₄ : BaSO₄</i>	0,4116	6144
<i>2F : CaF₂</i>	0,4867	6872	<i>H₂SO₄ : BaSO₄</i>	0,4202	6234
<i>2Fe : Fe₂O₃</i>	0,6938	8412	<i>Si : SiO₂</i>	0,4674	6697
<i>J : AgJ</i>	0,5405	7327	<i>Sn : SnO₂</i>	0,7876	8963
<i>K : KCl</i>	0,5245	7197	<i>Th : ThO₂</i>	0,8788	9439
<i>K₂O : 2KCl</i>	0,6318	8005	<i>Ti : TiO₂</i>	0,5995	7778
<i>K₂O : 2KClO₄</i>	0,3399	5314	<i>3U : U₂O₈</i>	0,8480	9284
<i>K₂O : K₂PtCl₆</i>	0,1938	2874	<i>2U : (UO₂)₂P₂O₇</i>	0,6667	8240
<i>2Mg : Mg₂P₂O₇</i>	0,2184	3393	<i>W : WO₃</i>	0,7930	8993
<i>2MgO : Mg₂P₂O₇</i>	0,3622	5589	<i>2Zn : Zn₂P₂O₇</i>	0,4291	6326

$MgO : Mg(C_9H_6ON)_2$	0,1289	1103	$Zn : Zn(C_7H_6O_2N)_2$	0,1936	2869
$Mo : PbMoO_4$	0,2613	4171	$Zr : Zr_2P_2O_7$	0,3440	5366

20-жадвал. Моддаларнинг молекуляр массаси

Модданинг кимёвий формуласи	Молекуляр массаси. г/моль	Модданинг кимёвий формуласи	Молекуляр массаси. г/моль
$AgBr$	187,78	$KClO_4$	138,55
$AgCl$	143,32	$KHC_2O_4 \cdot H_2C_2O_4$	218,16
AgJ	234,77	$KHC_8H_4O_4 (KHP)$	204,23
$AgNO_3$	169,88	KJ	166,01
$Al(C_9H_6NO)_3$ оксинат алюминия	459,46	KJO_3	214,00
Al_2O_3	101,96	$KJO_3 \cdot HJO_3$	389,93
As_2O_3	197,84	$KMnO_4$	158,04
As_2O_5	229,84	KOH	56,11
$BaCl_2$	208,25	$KSCN$	97,18
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	244,27	K_2CrO_4	194,20
$BaCO_3$	197,35	$K_2C_2O_7$	294,19
$BaCrO_4$	253,33	K_2O	94,20
BaO	153,34	K_2SO_4	174,27
$BaSO_4$	233,40	$La_2(C_2O_4)_3$	541,89
$CHCl_3$	119,38	$MgCl_2$	95,22
CO_2	44,011	$MgCO_3$	84,32
$C_2H_4(OH)_2$	62,07	$MgNH_4PO_4$	137,32
C_4H_9OOH гидроперекись трет – бутила	90,13	MgO	40,31
C_6H_5Br	157,02	$Mg_2P_2O_7$	222,57
$CaCO_3$	100,09	MnO_2	86,94
CaC_2O_4	128,10	MoO_3	143,94
$CaMg(CO_3)_2$	184,41	$NH_2CO_2NH_2$ мочевина	60,05
CaO	56,08	$NH_2(C_2H_9O_3)(THAM)$	121,14
$Ca(OH)_2$	74,10	NH_3	17,031

CaSO_4	136,14
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	310,18
$\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$	544,47
CeF_3	197,12
Cr_2O_3	152,00
CuO	79,54
CuS	95,60
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249,68
FeO	71,85
FeS	87,91
FeS_2	119,97
Fe_2O_3	159,69
Fe_3O_4	231,54
$2\text{Fe}_2\text{SO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	337,58
CH_3COOH	60,05
HCl	36,46
HJO_4	191,91
HNO_3	63,02
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	90,04
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	126,07
H_2S	34,08
H_2SO_3	82,08
H_2SO_4	98,08
H_3PO_4	98,00
H_5JO_6	227,94
HgCl_2	271,50
Hg_2Cl_2	472,13
KBr	119,01
KBrO_3	167,01
KCl	74,56

NH_4Cl	53,49
NH_4OH	35,05
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	124,10
$(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$	548,23
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132,14
$\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2$	202,14
NaBr	102,90
NaCH_3COO	82,04
$\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2$	144,10
NaCl	58,44
NaF	41,99
NaHCO_3	84,01
Na_2CO_3	105,99
$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	134,00
NaOH	40,00
Na_2O	61,98
Na_2SO_4	142,04
P_2O_5	141,95
PbCl_2	278,10
PbCrO_4	323,19
PbO_2	239,19
PbSO_4	303,25
SO_2	64,06
SO_3	80,06
SiO_2	60,09
SnCl_2	189,61
SrCO_3	147,63
ThO_2	264,04
TiO_2	79,90
U_3O_8	842,09
V_2O_5	181,88
ZnO	81,37

АДАБИЁТЛАР

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Мир, 1982. – 504 с.
2. Алексеев В.Н. Курс качественный химического полумикроанализа. – М.: Высшая школа, 1993. – 584 с.
3. Алимарин И.П., Ушакова Н.Н. Справочное пособие по аналитической химии. – М.: Химия, 1987. – 102 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. – М.: Мир, 1980. – 335 с.
5. Сидорская Э.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. М.: Изд-во МГУ, 1991. – 108 с.
6. Калеша В.К., Лобко С.И., Чикова Т.С. Математическая обработка результатов эксперимента. – Мн.: Наука, 1999. – 103 с.
7. Крешков А.П. Основы аналитической химии: В 2-х кн.-М.: Химия, 1980; кн. I-496 с., кн. II-384 с.
8. Крешков А.П., Ярославцев А.А. Курс аналитической химии.-М.: Высшая школа, 1991-403 с.
9. Логинов Н.Я., Орлова М.Н. Сборник задач и упражнений по качественному анализу. – М.:Мир, 1996. – 232 с.
10. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. – М.:Мир, 2001. – 479 с.
11. Ляликов Ю.С. Физико-математические методы анализа.–Л.:Высшая школа, 1984. – 557 с.
12. Методика к решению задач и упражнений по аналитической химии / Н.А.Киприянов, Ю.Н.Жвачко, И.С.Савицуа, С.С.Кондратенко. – М.: Наука, 1976. – 98 с.
13. Об использовании понятий и терминов «эквивалент» и «нормальный». –М.: Журн. Аналитическая химия, 1982, вып. 5, т. 37, с. 947 – 956.
14. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. – М.:Химия, 1977. – 559 с.
15. Поляк Н.А., Булацкая Г.Н., Бабаевская Т.П. Сборник задач по количественному анализу. – Мн.: Наука, 1993. – 167 с.
16. Пособие по аналитической химии / Н.Н.Ушакова, Е.Р.Николаева, С.А.Моросанова и др. – М.: Химия, 1981. – 149 с.
17. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. – Л.; М., 1988. – 261 с.
18. Сборник задач и упражнений по количественному анализу / Под ред. А.С.Карнаухова. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 145 с.
19. Сборник вопросов и задач по аналитической химии / В.П. Васильев, В.Е.Калинина, Л.А.Кочергина и др. – М.: Высшая школа, 1996. – 215 с.

MUNDARIJA

Soʻz boshi	4
I-bob. Tahlil natijalarini statistik qayta ishlashdagi xatoliklar va ularning usullari	5
1.1. Tahlil natijalarini statistik qayta ishlashdagi xatoliklar va ularning klassifikasiyalanishi.....	5
1.2. Analitik kimyo fanidagi xatoliklar boʻyicha masala va mashqlar.....	5
II-bob. Analitik reaksiyalarning sezgirliigi, tanlovchanligi, selektivligi. Analitik reaksiyalarnig sezgirliigi	10
2.1. Tanlovchon (yoki spesifik) analitik reaksiyalar.....	11
2.2. Табсифномалар.....	12
III-bob. Massalar taʼsiri qonuni	18
3.1. Qaytar reaksiyalar va massalar taʼsiri qonuni.....	18
3.2. Табсифномалар.....	20
IV-bob. Elektrolitik dissosiasiya nazariyasi	26
4.1. Aktivlik, aktivlik koeffisienti, muvozanat konstantasi..	26
4.2. Табсифномалар.....	27
V-bob. Gidroliz va amfoterlik	40
5.1. Gidroliz.....	40
5.2. Amfoterlik.....	44
5.3. Табсифномалар.....	45
VI-bob. Choʻkmalarni hosil boʻlish va erish nazariyasi	52
6.1. Eruvchanlik koʻpaytmasi.....	52
6.2. Elektrolitlarning eruvchanligi (E) ga bir ismli ionlarning taʼsiri.....	54
6.3. Табсифномалар.....	55
VII-bob. Bufer aralashmalar	65
7.1. Bufer aralashmalarining pH ini hisoblash formulalari.....	66
7.2. Bufer sigʻim.....	67
7.3. Табсифномалар.....	67
VIII-bob. Kompleks birikmalar	74
8.1. Kompleks ionlarning dissosiasiyasi va beqarorlik konstantasi.....	74
8.2. Табсифномалар.....	76
IX-bob. Gravimetriya	89
9.1. Gravimetrik tahlilning mohiyati va undagi hisoblashlar	89
9.2. Elektrogravimetrik tahlil.....	91
9.3. Табсифномалар.....	92

X-bob. Titrimetrik tahlil.....	105
10.1. Kislota – asos titrlash.....	108
10.2. Titrlash egri chiziqlari.....	109
10.3. Titrimetrik tahlilda titrlashning choʻktirish usuli.....	112
10.4. Oksidlanish-qaytarilish titrlash usullari.....	115
10.5. Тавсифномалар.....	116
Ilova.....	152
Adabiyotlar.....	170

.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Глава I. Методы статистической обработки результатов анализа.....	5
1.1. Погрешности, их классификация и обработка результатов анализа различные связи между измеряемым её измерений.....	5
1.2. Методические рекомендации.....	5
Глава II. Чувствительность, специфичность, избирательность аналитических реакций.....	10
2.1. Избирательность (или специфичность), чувствительность аналитических реакций.....	11
2.2. Методические рекомендации.....	12
Глава III. Закон действия масс.....	18
3.1. Обратимые реакции и закон . действия масс.....	18
3.2. Методические рекомендации.....	20
Глава IV. Теория электролитической диссоциации.....	26
4.1. Активность, коэффициент активности и константа равновесия.....	26
4.2. Методические рекомендации.....	27
Глава V. Гидролиз и амфотерность.....	40
5.1. Гидролиз.....	40
5.2. Амфотерность.....	44
5.3. Методические рекомендации.....	45
Глава VI. Теория образования и растворения осадков.....	52
6.1. Произведение растворимости.....	52
6.2. Влияние одноименных ионов на растворимость электролитов.....	54
6.3. Методические рекомендации.....	55
Глава VII. Буферные растворы.....	65
7.1. Вычисление pH буферных растворов.....	66
7.2. Буферная ёмкость.....	67
7.3. Методические рекомендации.....	67
Глава VIII. Комплексные соединения.....	74
8.1. Диссоциация комплексных ионов и константа нестойкости.....	74
8.2. Методические рекомендации.....	76
Глава IX. Гравиметрия.....	89
9.1. Сущность гравиметрического анализа и вычисления.....	89
9.2. Электрогравиметрический анализ.....	91
9.3. Методические рекомендации.....	92

Глава X. Титриметрический анализ.....	105
10.1. Кисотно – основное титрование.....	108
10.2. Кривые титрования.....	109
10.3. Метод осадительного титрования в титриметрическом анализе.....	112
10.4. Метод кислотно-восстановительного титрования.....	115
10.5. Методические рекомендации.....	116
Приложение.....	152
Литература.....	169

20. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии: В 2-х т. – М.: Наука, 1999; т. I – 480 с.; т. II – 438 с.
21. Смирнов Н.В. Курс теории Вероятностей и математической статистики. – М.: Высшая школа, 1989. – 436 с.
22. Столяров К.П. Руководство по микрохимическим методам анализа. – Л.: Мир, 1991. – 248 с.
23. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. – М.: Наука, 1988. – 557 с.
24. Ярославцев А.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. – М.: Химия, 1993. – 237 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М., 1972. – 504 с.
2. Алексеев В.Н. Курс качественный химического полумикроанализа. – М. 1973. – 584 с.
3. Алимарин И.П., Ушакова Н.Н. Справочное пособие по аналитической химии. – М. 1977. – 102 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. – М. 1978. – 335 с.
5. Сидорская Э.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. М. 1981. – 108 с.
6. Калеша В.К., Лобко С.И., Чикова Т.С. Математическая обработка результатов эксперимента. – Мн., 1982. – 103 с.
7. Крешков А.П. Основы аналитической химии: В 2-х кн.-М., 1970; кн. I-496 с., кн. II-384 с.
8. Крешков А.П., Ярославцев А.А. Курс аналитической химии.-М., 1981-403 с.
9. Логинов Н.Я., Орлова М.Н. Сборник задач и упражнений по качественному анализу. – М., 1976. – 232 с.
10. Логинов Н.Я. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. – М., 1979. – 479 с.
11. Ляликов Ю.С. Физико-математические методы анализа. – М.; Л., 1964. – 557 с.
12. Методика к решению задач и упражнений по аналитической химии / Н.А.Киприянов, Ю.Н.Жвачко, И.С.Савицуя, С.С.Кондратенко. – М., 1976. – 98 с.
13. Об использовании понятий и терминов «эквивалент» и «нормальный». – Аналитическая химия, 1982, вып. 5, т. 37, с. 947 – 956.
14. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. – М., 1977. – 559 с.
15. Поляк Н.А., Булацкая Г.Н., Бабаевская Т.П. Сборник задач по количественному анализу. – Мн., 1973. – 167 с.
16. Пособие по аналитической химии / Н.Н.Ушакова, Е.Р.Николаева, С.А.Моросанова и др. – М., 1981. – 149 с.
17. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. – Л.; М., 1978. – 261 с.
18. Сборник задач и упражнений по количественному анализу / Под ред. А.С.Карнаухова. – М., 1975. – 145 с.
19. Сборник вопросов и задач по аналитической химии / В.П. Васильев, В.Е.Калинина, Л.А.Кочергина и др. – М., 1976. – 215 с.

20. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии: В 2-х т. – М., 1979; т. I– 480 с.; т. II – 438 с.
21. Смирнов Н.В. Курс теории Вероятностей и математической статистики. – М., 1959. – 436 с.
22. Столяров К.П. Руководство по микрохимическим методам анализа. – Л., 1981. – 248 с.
23. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. – М., 1978. – 557 с.
24. Ярославцев А.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. – М., 1973. – 237 с.