

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ABDULLA QODIRIY NOMIDAGI
JIZZAX DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI**

Rashidova K.X., Akbarov H.I.

**FIZIKAVIY KIMYO
(ELEKTROKIMYO)**

5110300 - Kimyo o`qitish metodikasi bakalavriat ta`lim yo`nalishida tahsil olayotgan
talabalar uchun o`quv qo`llanma

2020 yil

Fizikaviy kimyo (Elektrokimyo). Rashidova K.X., Akbarov H.I.
O'quv qo'llanma. *Toshkent . 2020 y.150 bet.*

Ushbu o'quv qo'llanma pedagogika oliy o'quv yurtlarining 5110300 – “Kimyo o'qitish metodikasi” bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, bakalavrlar tayyorlash namunaviy dasturi asosida tuzilgan va Fizikaviy kimyo fanining “Elektrokimyo” bo'limini chuqur o'rganishga, shuningdek olingan bilimlarni laboratoriya mashg'ulotlari asosida mustahkamlashga qaratilgan. O'quv qo'llanmadan elektrokimyo fanini chuqur o'rganuvchilar, kimyo yo'nalishda tahsil olayotgan talabalar va ilmiy xodimlar foydalanishi mumkin.

Данное учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата 5110300 – “Методика преподавания химии” педагогических вузов, составленный на основе программы подготовки бакалавров и направлено на углубленное изучение предмета Физическая химия главу “Электрохимии”, а также закрепление полученных знаний на основе лабораторных занятий. Учебное пособие может быть использовано для углубленного изучения электрохимии, студентов обучающихся по направлению химия и научных сотрудников.

This textbook is intended for undergraduate students 5110300 – “Methods of teaching chemistry” of pedagogical universities, compiled on the basis of the bachelor's training program and is aimed at in-depth study of the subject “electrochemistry”, as well as strengthening the knowledge obtained on the basis of laboratory classes. The textbook can be used for advanced study of electrochemistry, students studying in the field of chemistry and research staff.

SO‘Z BOSHI

Fizikaviy kimyo fanining “Elektrokimyo” bo‘limi eng fanning katta bo‘limni tashkil qiladi va bu bo‘limda asosan elektrokimyoviy jarayonlar fizik kimyoning nazariy asosida o‘rganiladi. Juda ham jadallik bilan rivojlanayotgan ushbu soha kimyo va fizika fanlarini bo‘g‘laydigan asosiy sohadir. Bugungi kunda Fizikaviy kimyo fani va zamonaviy elektrokimyo sanoati respublikada rivojlangan soha hisoblanadi. Shuning uchun bu fanni chuqur o‘zlashtirilishi kimyo bakalavr o‘qituvchisi mutaxassisligini egallashda ahamiyati juda kattadir. Fizikaviy kimyo fani turli sohalar bo‘yicha tadqiqot ishlarini olib borishda muhim hisoblanadi. Chunki, fizikaviy kimyoning analiz metodlaridan biri, elektrokimyoviy tekshirish metodlari o‘zining aniqligi jihatidan yuqori o‘rinni egallaydi. Talabalarning elektrokimyo asoslarini o‘rganishi bo‘lajak o‘qituvchilar uchun muhimdir, chunki olingan nazariy bilimlar asosida bajariladigan kimyoviy tajribalar o‘tkazish, elektrokimyoviy tekshirish metodlari bo‘yicha amaliy ishlar bajarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Fizikaviy kimyo fanini puxta o‘zlashtirish asosida talabalar: elektrokimyo fanining boshqa fanlar bilan aloqasi, xalq xo‘jaligi va sanoatda tutgan o‘rni haqida tasavvurlarga ega bo‘ladilar. Fizikaviy kimyoni asosiy nazariyalari va qonunlarini anglay bilishi, elektrolitlarning nazariy asoslari, elektr o‘tkazuvchanlik, elektrod jarayonlari kinetikasi, metallar korroziyasining nazariy asoslarini bilishni talab etadi. Laboratoriya mashg‘ulotlarida elektrokimyoning tekshirish metodlarini o‘rganib olishi, zamonaviy asboblarda ishlay bilish malakasiga ega bo‘lishi talab etiladi. O‘quv qo‘llanmadan talabalar olgan bilimlar asosida fizikaviy kimyoning elektrokimyo bo‘limini o‘zlashtiradilar, laboratoriya mashg‘ulotlarida o‘zlari bajargan amaliy ishlar asosida amaliy ko‘nikmasini hosil qiladilar.

I.BOB.ELEKTROLITLARNING ERITMALARI

1.1.Elektrokimyo fani va uning mohiyati, rivojlanishi. O‘zbekistonda elektrokimyo‘yicha qilingan ishlar.

Metallar va yarim o‘tkazgichlarning tuzilishini, shuningdek ularning elektr o‘tkazuvchanligini o‘rganish fizikaning obyekti hisoblanib, buni kimyo o‘rganmaydi. Elektrokimyoning o‘rganish obyekti– bu ionli sistemalar (ikkinchi tur o‘tkazgichlar) va fazalar orasidagi chegara sirtida yuz beradigan hodisalarni fazalar chegarasining strukturasi va zaryadlangan zarrachalarni tashib o‘tish mexanizmi nuqtai nazardan ko‘rib chiqishdir. Shunday qilib, elektrokimyo– bu kimyo fanlarining bo‘limi bo‘lib, bu fanda ionli sistemalarning fizik-kimyoviy xossalari o‘rganiladi, shuningdek zaryadlangan zarrachalar (elektronlar yoki ionlar) ishtirokida fazalar sirti chegarasi yuzasidagi jarayonlar va hodisalarni o‘rganadi.

Elektrokimyoviy sistemalarga tokning kimyoviy manbalari (galvanik elementlar) va elektroliz amalga oshiriladigan elektrolit vannalar kiradi. Elektr tokining manbalari - galvanik elementlarda kimyoviy energiya elektr energiyasi sifatida ajraladi. Elektrolizda esa aksincha, elektr energiyasi hosil bo‘ladigan moddalarning kimyoviy energiyasini oshirishga sarf bo‘ladi. Elektr va kimyoviy energiyalarni o‘zaro bir-biriga aylanishi zarrachalar (ionlar yoki molekulalar)ni elektronlarni o‘tkazuvchi metall yoki metallmas yuzasi bilan to‘qnashganda va elektrokimyoviy reaksiyalar borishi natijasida yuz beradi. Elektrodlarda boradigan elektrokimyoviy reaksiyalar geterogen jarayonlar hisoblanadi va ularning tezligi moddalarning zarrachalari konsentratsiyasiga, temperaturaga, reaksiya zonasiga, moddalarning kelib turish tezligiga va reaksiya mahsulotlarining olib ketish tezligiga bog‘liqdir. Elektrokimyoviy reaksiyalarning o‘ziga xos tomoni shuki, uni tezligi elektrod potensialiga bog‘liqligidir. Elektrod potentsiali qiymatini xoxlagan vaqtda o‘zgartirish va shu orqali elektrokimyoviy jarayon tezligini boshqarish mumkin bo‘ladi. Elektrod potentsialining manfiy qiymatlarga siljishi katod reaksiyasi tezligi (qaytarilish jarayoni) potentsialni musbat qiymatlarga siljishi, anod reaksiyasi (oksidlanish jarayoni) tezligini ortishga olib keladi. O‘z navbatida elektrod reaksiyalarning potentsiali elektrod-eritmasi chegarasidagi qo‘sh elektr qavatining

tuzilishiga bogʻliqdir. Fazalar chegarasida ion va molekullarning adsorbsiyasi elektrod reaksiyalari tezligiga kuchli va maʼlum tarzda taʼsir koʻrsatadi. Elektrod reaksiyalarning tezligini potensialga bogʻliqligi moddalarni elektrokimyoviy usul bilan olishni texnologik jihatdan osonlashtiradi. Bu jarayonni pastroq temperaturada va katta tezlikda amalga oshirish mumkin. Elektrokimyoviy zanjirning xossalari va qonuniyatlarini oʻrganuvchi elektrokimyoning kelib chiqishi birinchi shunday sistemani tuzish bilan bogʻliq. XIX asrning boshlarida Angliyada Daltonning (1801), Fransiyada Gey-Lyussakning (1802), Italiyada Avogadroning (1811) ishlari natijasida gazsimon holatning qonunlari ochildi va atomistik tushunchalar keng rivojlandi. Gessning termokimyo boʻyicha qilgan ishlari ham ushbu davrga tegishlidir. Galvanik elementlar, elektroliz, elektrolitlarda tokni tashib oʻtish tadqiqotlari tufayli elektrokimyoning asoslari tashkil topgan.

1799-yilda Italiyada Galvani va Volt galvanik element yaratdilar. 1802-yili V.V.Petrov elektr yoyi hodisasini ochdi. 1805-yil Grotgus (Rossiya) elektroliz nazariyasining asoslarini ishlab chiqdi. 1800-yilda Devi moddalarni taʼsir-lashishining elektrokimyoviy nazariyasini ilgari surdi va kimyoviy tadqiqotlarda elektrolizni keng qoʻlladi. Devining oʻquvchisi Faradey 1833-1834-yillarda elektrolizning miqdoriy qonunlarini taʼrifladi. Yakobi 1836-yili (Rossiya) elektroliz jarayonini tajribaga qoʻllash masalalarini hal qilib, galvanoplastikani ochdi. 1791yilda italyan tabiatshunosi L.Galvani yorilgan baqaning fiziologik xossalarini oʻrganaturib tasodifan baqaning muskullari va ikki metallardan iborat oʻziga xos elektrokimyoviy zanjir tuzdi.

Oʻzbekistonda elektrokimyo sohasida izlanish olib borgan olimlardan k.f.d., prof. A.Murtazayev (Toshkent farmasevtika instituti) indiy metalli elektrokimyosi bilan shugʻullangan. K.f.d., prof. F.Qurbonov (Toshkent kimyo texnologiya instituti) metallar korroziyasiga ingibitorlar taʼsirini oʻrganish sohasida ilmiytadqiqot ishlari olib borgan. OʻzR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti Elektrokimyo laboratoriyasida L.Siganov, T.Hamidxonova kabi olimlar metallarni elektrokimyoviy yoʻl bilan ajratib olish boʻyicha ilmiy tadqiqotlar olib borishgan. Toshkent DPU ning Kimyo kafedrasida ham elektrokimyo yoʻnalishi boʻyicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan. Profesor P.Qodirov rahbarligida metallarni elektrolitik choʻktirishga ultratovush taʼsiri

o'rganilgan. Uning shogirdlaridan prof. N.Raxmatullayev va prof. K.Rasulovlar ham elektrokimyoh sohasida ishlab dissertatsiya ishlarini muvaffaqiyatli himoya qilishgan. Hozirgi kunda ham kimyo va uni o'qitish metodikasi kafedrasida elektrokimyoga oid ilmiy-tekshirish ishlari prof. K.Rasulov va talabalar tomonidan amalga oshirilmoqda. Bundan tashqari O'zbekiston Milliy universitetining "Fizikaviy kimyo" kafedrasida metallar korroziyasini elektrokimyoviy tadqiq qilish bo'yicha professor. H.Akbarov rahbarligida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda, hamda "Analitik kimyo" kafedrasida ham elektrogravimetrik analiz bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari prof. Z.Smanova rahbarligida olib borilmoqda.

O'tilgan mavzu yuzasidan savollar:

1. Elektrokimyoh fanining vujudga kelish tarixini bilasizmi?
2. Elektrokimyoviy reaksiyalarning tezligi nimaga bog'liq bo'ladi?
3. 1800 yilda italyan olimi A.Vol'ta birinchi marta tokning qanday kimyoviy manbaini konstruksiya qildi?
4. Qo'sh elektr qavat nima va bu qavatining tuzilishiga nimalar bog'liq bo'ladi?
5. O'zbekistonda elektrokimyoh sohasida izlanish olib borgan olimlardan kimlarni bilasiz?

1.2. Elektrolitlar, ionlarning gidratlanishi. Elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi va uni o'lchash orqali ionlanish darajasi va ionlanish konstantasi qiymatini aniqlash.

Gidratlar nazariyasi bilan elektrolitik dissotsilanish nazariyasi bilan bog'lash kerakligini birinchi marta 1891 yilda rus olimi, akademik Kabulikov aytgan edi. Elektrolitlarning kristall nazariyasi yuzasidagi ionlar bilan erituvchi dipollari (μ) o'rtasida (F) tortishish kuchi vujudga keladi:

$$F = \mu e / r^2 \quad (1)$$

Bu yerda, e -ion zaryadi, r -ion bilan dipol o'rtasidagi masofa. Bu kuch ta'sirida erituvchi molekullari ion atrofida zich hisoblanadi, uni qurshab oladi, demak erituvchining siqilishi bilan boradi. Bu qurshalgan kompleks sol'vat (suv bo'lsa, gidrat) bu hodisa sol'vatlanish (gidratlanish) deb ataladi. Ion sol'vat qavat bilan birgalikda harakatlanadi.

Ionlar harakat tezligining (yoki elektrolitlar elektr o'tkazuvchiligini) ion radiusiga qarab o'zgarishi ham ionlarni eritmada solvatlanishini ko'rsatadi. Kichik ionlar ko'p solvatlanib kougillanganligi uchun sekin harakatlanadi. Ionning elektr potentsiali quyidagicha bo'ladi.

$$E = e/r \quad (2)$$

Bu yerda e -ion zaryadining miqdori, r -ion radiusi. Shunday qilib, ionning potentsiali uning radiusiga teskari proporsionaldir. Demak, ionning radiusi qanchalik kichik bo'lsa, qarama-qarshi zaryadlangan zarrachaga shunchalik kuchli tortiladi, shuning uchun kichik radiusli ionlar katta radiusli ionlarga qaraganda kuchliroq solvatlanadi. Buning natijasida ularning hajmi kattalashib, harakati sekinlashadi. Misol tariqasida ishqoriy metallar xloridlarining (LiCl, NaCl, KCl, RbCl, CsCl ning) elektr o'tkazuvchanligini ko'rib chiqish mumkin.

Elektrolit eritmasidagi ionlar tartibsiz harakatda bo'ladi. Eritma orqali elektr toki o'tkazilganda ionlarning harakati tartiblashib, ular katod va anod tomon yo'naladi va elektr zaryadini tashib, eritmaning elektr o'tkazishiga sabab bo'ladi. Elektrolit eritmasidan o'zgarimas tok o'tkazilgan taqdirda **elektroliz hodisasi** sodir bo'ladi.

Birinchi tur o'tkazgichlarda, ya'ni metallarda, elektr toki elektronlarning manfiy qutbdan musbat qutbga o'tkazgich bo'ylab yo'nalgan harakati natijasida tashib o'tiladi. Ikkinchi tur o'tkazgichlar – elektrolit eritmalarida esa, elektr toki ionlarning harakati tufayli tashib o'tiladi. Anionlar elektr maydoni ta'sirida musbat zaryadlangan elektrodga – anodga, kationlar esa manfiy zaryadlangan elektrodga – katodga harakat qiladilar.

Ideal komponentli elektr zanjirida o'zgarimas tok o'tayotgan-dagi hodisalarni ifodalash uchun zaryad – Q , tok kuchi – I , kuchlanish – U va qarshilik – R kabi kattaliklar kiritilgan. O'zgarimas elektr toki uchun ideal sig'im C cheksiz qarshilik bo'lib xizmat qiladi, ideal induktivlik L esa, cheksiz kichik qarshilik bo'ladi. Elektr tokining fundamental qonuni Om qonunidir: $E=IR$. Sig'im yoki kondensatorlar o'zgarimas tok uchun cheksiz katta qarshilik bo'lib xizmat qiladi, ammo ushbu sig'imlar vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan tokni o'tkazib yuboradi, bu holda ushbu sig'imlar sig'im qarshiligini namoyon qiladi.

Zanjirning induktiv elementi o'zgaruvchan tokka qarshilik ko'rsatadi. Zanjirning induktiv elementi yoki induktivlik g'altagi, magnit maydon kabi, elektr tokining oqimi natijasida hosil bo'layotgan energiyani yig'adi. Yig'ilgan energiya tokning har qanday o'zgarishiga qarshilik ko'rsatadi, chunki tokning o'zgarishi magnit maydonning o'zgarishiga olib keladi. Induktiv elementdagi magnit maydoni kattaligini bir onda o'zgartirish mumkin bo'lmagan masaladir, chunki ushbu elementga cheksiz katta potentsiallar farqi ta'sir etishi kerak bo'ladi.

Har qanday elektr zanjiri impedans bilan tavsiflanadi: impedans omik qarshilik (yoki aktiv qarshilik), sig'im va induktiv qarshiliklarning yig'indisiga teng. Omik qarshilik o'zgaruvchan toklar yoki o'zgarmas toklar o'tayotganda ham kuzatiladi. Zanjirdan o'tayotgan tok signallarining chastotasi ortgan sari sig'im qarshiligi kamayadi, induktiv qarshilik, aksincha, ortadi. Elektr o'tkazuvchanlikning turlari bilan tanishamiz.

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

Elektr tokini o'tkazish qobiliyati qarshilik yoki elektr o'tkazuvchanliklar bilan xarakterlanadi. Har qanday o'tkazgichning qarshiligi uning uzunligiga l to'g'ri proporsional va yuzasiga S teskari proporsionaldir:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3)$$

bu yerda: ρ solishtirma qarshilik bo'lib, o'tkazgichning uzunligi va yuzasi bir birlikka teng bo'lganda R ga teng.

Elektr o'tkazuvchanlik qarshilikka teskari bo'lgan kattalikdir:

$$\omega = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{S}{l} = \alpha \cdot \frac{S}{l} \quad (4)$$

Elektr o'tkazuvchanlik ω simenslarda o'lchanadi ($1 \text{ Sm} = 1 \text{ Om}^{-1}$).

Solishtirma qarshilikka ρ teskari bo'lgan kattalik **solishtirma elektr o'tkazuvchanlik** α deyiladi va u yuzasi 1 sm^2 va 1 sm masofada joylashtirilgan 2 ta parallel elektrodlar orasidagi 1 sm^3 hajmli eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga teng bo'ladi:

$$\alpha = \frac{1}{\rho} (\text{Om}^{-1} \text{sm}^{-1} \text{ yoki } \text{Sm} \cdot \text{sm}^{-1}) \quad (5)$$

Om qonuniga binoan, o'tkazgichdan o'tayotgan tokni quyida-gicha ifodalash mumkin:

$$I = \frac{U}{R} = U\omega = U \alpha \frac{S}{l} \quad (6)$$

va bu holda,

$$\frac{I}{S} = j = \alpha \frac{S}{l} \quad (7)$$

bu yerda: $j = I/S$ – tok zichligi (A/sm^2), U/l – maydon kuchlanganligi (V/sm).

Elektr maydonning kuchi ta'sir qilguncha eritmadagi ionlar xaotik issiqlik harakati holatida bo'ladilar. Maydon ta'sirida ionlar harakati yo'nalgan holatga keladi. Bu harakatning tezligi maydon kuchlanganligiga proporsional bo'ladi:

$$U_{yo'nalgan} = u \cdot U / l,$$

bu yerda: u – ionning elektr harakatchanligi deyiladi va u maydon kuchlanganligi bir birlikka teng bo'lgandagi ionning harakat tezligiga tengdir.

Kation va anionlar tashib o'tayotgan tokning zichligi ularning zaryadiga z , konsentratsiyasiga $C(mol/sm^3)$ va yo'nalgan harakat tezligiga $u \cdot U/l$ proporsionaldir.

$$j_+ = z_+ C_+ u_+ \frac{U}{l} F; \quad j_- = z_- C_- v_- \frac{U}{l} F \quad (8)$$

bu yerda: F – Faradey soni; u_+ va v_- – kation va anionlarning harakatchanligi.

Ikki xil ishoradagi ionlarning umumiy zichligi ($z_+ c_+ = z_- c_- = z_i c_i$ bo'lgani uchun)

$$j = j_+ + j_- = z_i C_i \frac{U}{l} F(u_+ + v_-) \quad (9)$$

ga teng bo'ladi.

Yuqoridagi tenglamalarni solishtirib, eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini keltirib chiqaramiz:

$$\alpha = z_i C_i F(u_+ + v_-) \quad (10)$$

Kuchli elektrolitlar eritmalarda to'liq dissotsiatsiyalanadi (konsentratsiya juda katta bo'lmagan taqdirda), shuning uchun har qaysi ishorali ionlarning konsentratsiyasini S (molyar) orqali ifodalashimiz mumkin: $S_i = v_i S / 1000$, bu yerda: v_i – elektrolit molekulasidagi ayni ishorali ionlarning soni.

Demak,

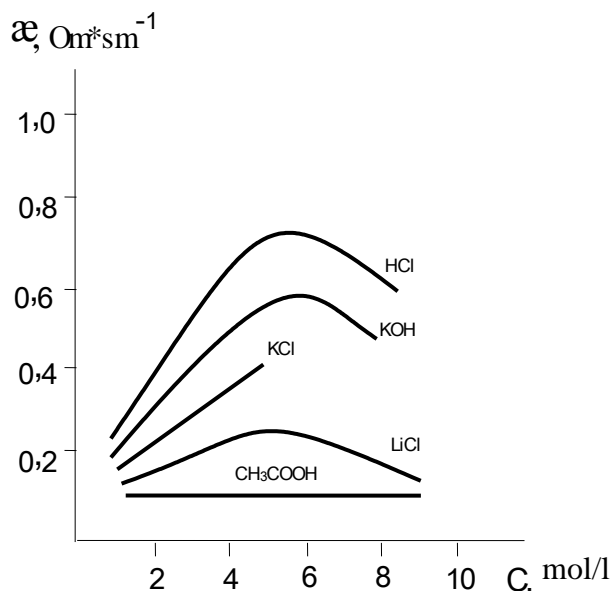
$$\alpha = z_i v_i CF(u_+ + v_-) / 1000 = z CF(u_+ + v_-) / 1000 \quad (11)$$

bu yerda: $z_i v_i = z - 1$ mol dagi g -ekv soni. (9) tenglamadan shunday xulosa chiqarish mumkin: kuchli elektrolitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi elektrolitning konsentratsiyasiga va ionlar-ning harakatchanligiga bog'liq.

Konsentratsiya ortishi bilan ionlar o'rtasidagi elektrostatik ta'sirlar natijasida ularning harakatchanligi kamayadi. Bu ta'sirlar solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqlik grafigida maksimumlar paydo bo'lishiga olib keladi (*I-rasm*). Konsentratsiya kam bo'lganda ionlar orasidagi masofa katta bo'ladi, elektrostatik ta'sirlar kuchsiz va konsentratsiya ortishi bilan solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning qiymati ko'payadi. Konsentratsiya yanada ko'paytirilganda ionlararo ta'sir kuchayadi va ionlarning harakatchanligi konsentratsiya ortishiga nisbatan ko'proq kamayib ketadi. Kuchsiz elektrolitlar qutbli erituvchilarda eritilganda (dielektrik o'tkazuvchanligi katta bo'lgan) ham molekulalarning bir qismi dissotsiatsiyalanmaydi. Kuchsiz elektrolitlarning dissotsiatsiyalanish darajasi (ionlarga ajralgan molekula-larning sonini eritilgan molekulalarning umumiy soniga nisbati) konsentratsiyaga bog'liqdir. Konsentrlangan eritmalarda $\alpha \ll 1$ bo'ladi va konsentratsiya $C \rightarrow 0$ intilganda $\alpha \rightarrow 1$. tenglamadagi C_i o'rniga uning $C_i = \alpha v_i C / 1000$ qiymatini qo'ysak, kuchsiz elektrolitlar uchun solishtirma elektr o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqaramiz:

$$= z_i v_i \frac{\alpha CF(u_+ + v_-)}{1000} = z \frac{\alpha CF(u_+ + v_-)}{1000} \quad (12)$$

Kuchsiz elektrolit eritmalarida ionlarning konsentratsiyasi kam, orasidagi masofa esa katta bo'lganligi sababli ionlararo elektrostatik ta'sirlar bo'lmaydi. Shuning uchun ionlarning harakat-chanligi eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq emas.



1-rasm. Kuchli va kuchsiz elektrolitlar solishtirma elektr o‘tkazuvchanligining elektrolit konsentratsiyasiga bog‘liqligi

Yuqoridagi tenglamadan ko‘rinib turibdiki, kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi αC ko‘paytmasiga bog‘liq. Eritmaning konsentratsiyasi unchalik katta bo‘lmaganda konsentratsiya ortib borishi bilan αC ko‘paytmaning qiymatlari ko‘payadi va solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik ortadi. Lekin yuqori konsentratsiyalarda bu ko‘paytma kamayadi va shu sababli, kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi, xuddi kuchli elektrolitlardagi kabi, maksimal qiymatga yetgandan so‘ng kamayadi.

Ekvivalent va molyar elektr o‘tkazuvchanlik.

Elektrolitik dissotsiatsiya darajasi bilan bog‘liq bo‘lgan elektrolit eritmalarning elektr o‘tkazish qobiliyatini tavsiflash uchunгина ekvivalent λ yoki molyar μ elektr o‘tkazuvchanliklar qo‘llaniladi:

$$\lambda = 1000\alpha/C ; \quad \mu = 1000\alpha z/C \quad (13)$$

Elektrolit eritmasida har bir ion atrofida ion atmosferasining bo‘lishi ionlarning tormozlanishiga olib keladi:

- ion atmosferasining ionga qarama-qarshi tomonga harakati elektroforetik (yoki katoforetik) tormozlanishni keltirib chiqaradi;
- ionning orqasidagi ion atmosferasida ortiqcha miqdorda qarama-qarshi zaryadning bo‘lishi relaksatsion tormozlanishga olib keladi. Relaksatsion tormozlanish asimmetrik

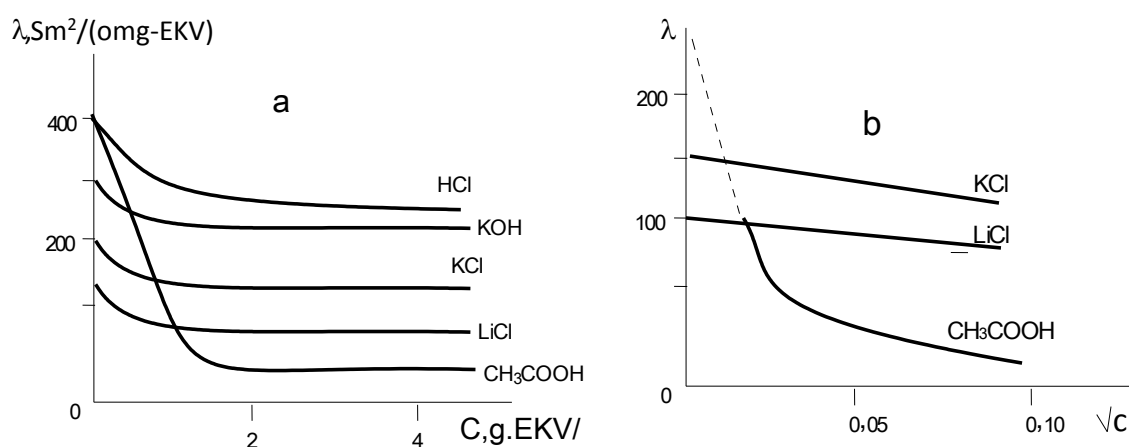
effekt ham deyiladi: har qanday ion harakatlanayotganda uning ion atmosferasi sferik simmetriyasi buziladi.

Harakatlanayotgan ion atrofidagi mavjud ion atmosferasining tarqalishi va yangi atmosferaning hosil bo'lishi bir onda sodir bo'lmaydi, uning tiklanishi uchun relaksatsiya vaqti talab qilinadi. Natijada, harakatdagi ionning oldida ion atmosferasi tashkil topishga, orqasida esa, to'la buzilishga ulgurmaydi. Shu sababli, harakatlanayotgan ionning oldidagi qarama-qarshi zaryadning zichligi biroz kamroq, orqasida esa yuqoriroq bo'ladi. Bu relaksatsion tormozlanishga olib keladi.

Eritmaning konsentratsiyasi ortishi bilan kuchli elektrolitlarda ionlar harakatchanligining va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning kamayishiga relaksatsion tormozlanish sababdir (2-rasm). Debay va Hyukkelning elektrolit eritmalari tuzilishining elektrostatik modeli asosida qilgan nazariy hisoblari suyultirilgan eritmalarda ($C < 10^{-2}$ g-ekv/l), ionlarning o'zaro tormozlanishi sababli, elektr o'tkazuvchanlikning kamayishi konsentratsiyaning kvadrat ildiziga proporsionalligini ko'rsatdi: kuchli elektrolitlarda $\lambda = f(\sqrt{C})$ bog'lanish to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi. Bu bog'lanishni ifodalovchi tenglama

$$\lambda = \lambda_{\infty} - a\sqrt{C} \quad (14)$$

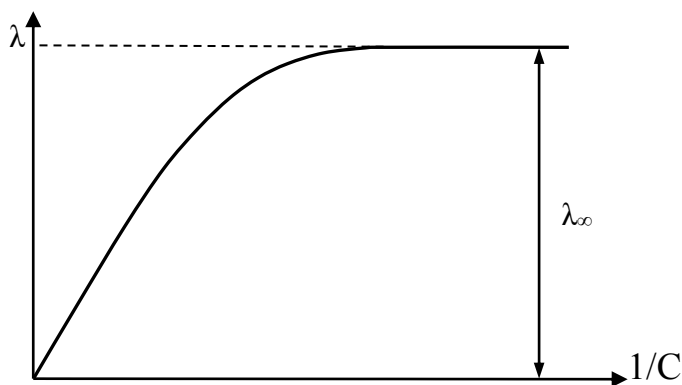
ko'rinishga ega, bu yerda: a – erituvchi tabiatiga, dielektrik singdiruvchanligiga, qovushqoqligiga, elektrolit tabiatiga va haroratga bog'liq bo'lgan o'zgarmas son.



2-rasm. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga (a) va \sqrt{c} (b) bog'liqligi

Elektroforetik va relaksatsion tormozlanishlarning elektr o'tkazuvchanlikka ta'sirini ko'rsatadigan Debay va Hyukkelning ifodasiga Onzager nazariya-sida aniqliklar kiritilgan va elektroforetik effekt uchun $\epsilon_e \sqrt{C}$ va relaksatsion effekt uchun $\epsilon_p \lambda_\infty \sqrt{C}$ ifodalarni hamda ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligi uchun $\lambda = \lambda_\infty - (\epsilon_e + \epsilon_p \lambda_\infty) \sqrt{C}$ ifoda keltirib chiqarilgan.

Suyultirilgan eritmalarning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini aniqlayotganda qiziqarli qonuniyatni kuzatish mumkin. Masalan, K_2SO_4 va Na_2SO_4 eritmalari λ larining chegara qiymatlari orasidagi farq 23,5 ga ($\lambda_{\infty, K_2SO_4} = 153,4$ va $\lambda_{\infty, Na_2SO_4} = 129,9$) teng. Xuddi shunday farq $\lambda_{\infty, K_2Cr_2O_7}$ va $\lambda_{\infty, Na_2Cr_2O_7}$ lar uchun ham kuzatiladi. Bundan suyultirilgan eritmalarda har qaysi ion o'zining λ sig a ega deganxulosa chiqadi. Cheksiz suyultirilgan elektrolit eritmalarida ($C \rightarrow 0$) ionlararo ta'sir yo'qoladi va λ chegaraviy qiymatga intiladi: $\lambda \rightarrow \lambda_\infty$ (3-rasm). Kolraush qonuniga binoan $\lambda_\infty = \lambda_+ + \lambda_-$ bu yerda: λ_+ va λ_- – kation va anionlarning harakatchanligi.



3-rasm. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning $1/C$ ga bog'liqligi

Kuchli elektrolitlarda $f_\lambda = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$ **elektr o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti** deyiladi.

Kuchli elektrolitlar konsentrlangan eritmalarda ham yuqori λ ga ega. Konsentratsiya ortishi bilan λ ning qiymatlari ionlar harakatchanligining kamayishiga bog'liq ravishda kamayadi.

Kuchsiz elektrolitlar eritmalarida ionlararo ta'sirlar kuchsiz bo'ladi va har qanday konsentratsiyada ionlar bir-biridan erkin harakatlanadi. Kuchsiz elektrolitlar uchun

$\lambda = f(C)$ bog'liqligi amalda dissotsiatsiyalanish darajasining o'zgarishi bilan ifodalanadi: $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$ yoki $\lambda = \alpha\lambda_{\infty}$.

Kuchsiz elektrolitlarning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi, xuddi kuchli elektrolitlar kabi, konsentratsiya ortishi bilan kamayadi, lekin buning sababi dissotsiatsiyalanish darajasining kamayishidir. Kuchsiz elektrolitlarning λ si suyultirilgan eritmalarda ham juda kichik va cheksiz suyultirishga yaqinlashgan sari keskin ortadi (3-rasm): $C \rightarrow 0$ da $\lambda \rightarrow \infty$ ga intiladi. $\lambda = f(\sqrt{C})$ bog'liqlik kuchsiz elektrolitlarda chiziqli emas, lekin kichik konsentra-tsiyalarda $\lambda = f(\sqrt{\alpha C})$ bog'lanish chiziqli bo'ladi.

Massalar ta'siri qonuniga binoan konsentratsiya bilan dissotsiatsiyalanish darajasi orasidagi (IX.4) munosabatni keltirib chiqargan edik. Agar $\alpha = \frac{\lambda_3}{\lambda_{\infty}}$ ekanligini hisobga olsak va konsentratsiyani $V = \frac{1}{C}$ suyultirish bilan ifodalasak,

$$K = \frac{\lambda_3^2}{\lambda_{\infty} V(\lambda_{\infty} - \lambda_3)} \quad (15)$$

Ostvaldning suyultirish qonuni tenglamasini ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik orqali ifodasini keltirib chiqaramiz.

O'tilgan mavzu yuzasidan savollar:

1. Elektrolitlar, ionlarning gidratlanishi.
2. Elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi va uni o'lchash orqali ionlanish darajasi va ionlanish konstantasi qiymatini qanday aniqlanadi?
3. Elektr o'tkazuvchanlik va uning turlari ayting.
4. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligini izohlang.
5. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligini izohlang. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik konsentratsiyasining o'zgarishi bilano'zgaradimi? Izohlang.

1.3. Elektr tokining kimyoviy ta'siri. Elektroliz qonunlari.

Elektrolit suyuqlanmasi va eritmasining elektrolizi.

Elektrolit eritmasidan o'zgarmas elektr tokini o'tkazganda katodda musbat zaryadlangan ionlar o'z zaryadini yo'qotadi – kationlarning qaytarilishi kuzatiladi (kationlarga elektronlarning birikishi); anodda esa manfiy zaryadlangan ionlarning o'z zaryadini yo'qotishi, ya'ni anionlarning oksidlanishi (elektronlarning uzati-lishi) yoki anodning erishi kuzatiladi. Bu jarayon **elektroliz jarayoni** deyiladi.

Elektroliz jarayoni **Faradey qonuni** bilan tushuntiriladi. Bu qonunga binoan, har bir elektrodda ajralib chiqqan yoki erigan moddaning miqdori eritmadan o'tgan elektr tokining miqdoriga va uning kimyoviy ekvivalentiga to'g'ri proporsionaldir:

$$n = \frac{g}{a} = \frac{I \cdot \tau}{F} \quad (16)$$

bu yerda: I – tok kuchi (*amper*); g – ajralib chiqqan moddaning miqdori (*gramm*); a – moddaning ekvivalent massasi (*g-ekv*); τ – elektroliz vaqti (*sek*); n – *g-ekv* lar soni; $F=96493$ *Kulon* – Faradey soni.

Elektrolizda eritmadagi elektr zaryadlarini ionlar tashib o'tadi. Har qaysi elektroddan bir xil miqdordagi elektr toki o'tadi, lekin ionlarning tezligi va zaryadlari turlicha bo'lganligi sababli, har qaysi tur ionlar elektr tokining bir xil bo'lmagan qismini tashib o'tadi. Ionlar harakatining tezligi ko'p omillarga bog'liq: ionlarning tabiatiga va muhitga, maydon kuchlanganligiga E/l (E – *voltlarda* berilgan elektrodlar orasidagi potentsiallar farqi, l – *sm* larda berilgan elektrodlar orasidagi masofa), konsentratsiyaga, haroratga va boshqa omillarga. Ionlar harakati tezliklarini bir-biriga solishtirish mumkin bo'lishi uchun ularni maydon kuchlanganligi 1 B/sm bo'lgan holda o'rganiladi. Bunday sharoitda olingan kattaliklar **ionlarning absolyut tezligi** deyiladi va kationlarning tezligi u_+ bilan, anionlarning tezligi v_- bilan belgilanadi. Ionlarning absolyut tezligi $\text{sm}^2/\text{B}\cdot\text{sek}$ birliklarida o'lchanadi.

1 sek davomida eritmadan o'tgan elektr tokining miqdori, ya'ni tok kuchi I quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$I = \frac{(u_+ + v_-)C_i S F E}{l} \quad (17)$$

bu yerda: C_i – ionlarning ekvivalent konsentratsiyasi ($g\text{-ekv}/sm^3$), S – elektrodning koʻndalang yuzasi.

Tok kuchini quyidagi tenglamadan ham aniqlasa boʻladi:

$$I = \frac{\lambda CSE}{l \cdot 1000} \quad (18)$$

bu yerda: λ – ekvivalent elektr oʻtkazuvchanlik; C – elektrolitning ekvivalent konsentratsiyasi.

(17) va (18) tenglamalardan λ ni topib, quyidagi tenglamani chiqaramiz:

$$\lambda = (u_+ + v_-)F \frac{C_i \cdot 1000}{C} \quad (19)$$

Kuchli elektrolitlar uchun $C_i \cdot 1000 / C$ birga teng, chunki kuchli elektrolitlar toʻliq dissotsiatsiyalanadi. Kuchsiz elektrolitlarda bu qiymat birdan farq qiladi:

$$\frac{C_i \cdot 1000}{C} = \alpha$$

Demak, kuchli elektrolitlar uchun $\lambda = (u_+ + v_-)F$ va kuchsiz elektrolitlar uchun esa $\lambda = \alpha(u_+ + v_-)F$ ni chiqarish mumkin. Ionlarning absolyut tezligi bilan Faradey sonining koʻpaytmasi **ionlarning harakatchanligi** (ionlarning elektr oʻtkazuvchanligi) deyiladi va kationlar uchun $\lambda = u_+ F$ va anionlar uchun $\lambda = v_- F$ ga teng boʻladi.

Ionlar harakatchanligining oʻlchov birligi $OM^{-1} \cdot cm^2/g\text{-ekv}$ bilan belgilanadi. Yuqoridagilardan xulosa qilish mumkinki, kuchli elektrolitlar uchun ekvivalent elektr oʻtkazuvchanlik

$$\lambda = \lambda_+ + \lambda_- \quad (20)$$

kuchsiz elektrolitlar uchun esa, ekvivalent elektr oʻtkazuvchanlik

$$\lambda = \alpha(\lambda_+ + \lambda_-) \quad (21)$$

boʻladi.

Cheksiz suyultirilgan ($\alpha \rightarrow 1$) taqdirda kuchli va kuchsiz elektrolitlar uchun

$$\lambda_\infty = \lambda_+^\infty + \lambda_-^\infty \quad (22)$$

ni hosil qilamiz. λ_+^∞ va λ_-^∞ kattaliklar ionlarning eng katta qiymatga ega boʻlgan harakatchanligi deyiladi. (22) tenglama **Kolraush qonunining** ifodasidir: cheksiz

suyultirilgan eritmadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kationning harakatchanligi bilan anionning harakatchanligi yig'indisiga teng.

Ionlarning harakatchanligi katta ahamiyatga ega bo'lgan kattalik bo'lib, u ionlarning elektrolit elektr o'tkazuvchanligidagi ishti-rokini ko'rsatadi. Ionlarning harakatchanligi elektrolitning harorati va konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Yuqori konsentratsiyalarda λ_+ va λ_- larning qiymatlari har xil zaryadli ionlarning o'zaro ta'siri kuchayishi natijasida λ_+^∞ va λ_-^∞ larning qiymatlaridan kichik bo'ladi.

Kation va anionlarning harakatchanligi bir-biridan sezilarli darajada farqlanishi mumkin. Elektrolitlarda elektr tokini bir vaqt-ning o'zida ham kationlar, ham anionlar tashib o'tganligi sababli, eritmadan o'tgan elektr tokining miqdori bilan har qaysi ion tashib o'tgan elektr tokining miqdori orasida farq bo'ladi. Bu miqdor ionlarning tashish soni bilan belgilanadi. Ionlarning tashish soni – bu ayni bir tipdagi ion tashib o'tgan elektr miqdorining elektrolitdan o'tgan umumiy elektr miqdoriga nisbatidir.

Agar elektrolit ikkita ionga dissotsiatsiyalansa, u holda kationning tashish soni uchun

$$t_+ = \frac{I_+}{I} \quad (23)$$

va anionning tashish soni uchun

$$t_- = \frac{I_-}{I} \quad (24)$$

larni hosil qilamiz. Bu tenglamalarda I_+ va I_- – I sek davomida kationlar va anionlar tashib o'tgan elektr miqdori; I – I sek davomida eritmadan o'tgan elektr miqdori. Tashish sonlarining yig'indisi $t_+ + t_- = 1$ bo'ladi.

(23) va (24) tenglamalardagi I_+ , I_- va I larning o'rniga (17) tenglamadan foydalanib chiqarilgan qiymatlarni qo'ysak, tashish sonini ionlarning absolyut tezligi yoki ionlarning harakatchanligi (ionlarning elektr o'tkazuvchanligi) orqali ifodalash mumkin bo'ladi. Kationlarning tashish soni

$$t_+ = \frac{u_+}{u_+ + v_-} = \frac{\lambda_+}{\lambda_+ + \lambda_-} \quad (25)$$

va anionlarning tashish soni

$$t_- = \frac{v_-}{u_+ + v_-} = \frac{\lambda_-}{\lambda_+ + \lambda_-} \quad (26)$$

ga teng bo'lad. Demak, ionlarning tashish soni ayni shu ionning harakatchanligi bilan kation va anionlar harakatchanliklari yig'indi-sining nisbatiga teng ekan. Keltirib chiqarilgan tenglamalar yorda-mida ionlarning harakatchanliklari ma'lum bo'lsa, tashish sonini hisoblash mumkin. Tashish soni tajriba yo'li bilan aniqlangan taqdirda esa, ionlarning harakatchanligini hisoblash imkoniyatiga ega bo'linadi.

(25) va (26) tenglamalardan $\lambda_+ = t_+ \lambda$ va $\lambda_- = t_- \lambda$ ekanligi ko'rinib turibdi, demak aynan bir ionning tashish soni unga juft bo'lgan ionning harakatchanligiga bog'liq bo'lad. Shuning uchun har xil elektrolitlarda aynan bir ionning tashish soni turlichadir.

Tashish soni ionlar harakatchanligining nisbatini ifodalagani sababli, asosan, ionlar harakatchanligiga bog'liq bo'lib, harorat va konsentratsiyalar ta'sirida kam o'zgaradi. Masalan, ikkita bir valentli ionlardan tashkil topgan elektrolitlar uchun tashish soni 0,2 n konsentratsiyagacha deyarli o'zgarmaydi. Bu xususiyatdan foydalanib, ekstrapolyatsiya yo'li bilan tashish sonini va cheksiz suyultirilgandagi ionlarning harakatchanligini topish mumkin. Haroratning ko'tarilishi bilan 0,5 dan katta qiymatlarga ega bo'lgan tashish sonlari kamayadi va 0,5 dan kichik bo'lgan qiymatlarda tashish soni ko'payadi. Ikkala holda ham tashish sonining qiymatlari 0,5 ga yaqinlashadi.

Ionlarning tashish sonini bilish elektrolit eritmalar nazariyasi uchun katta ahamiyatga ega. H^+ ionlarining tashish soni **Gittorf usulida** aniqlanadi.

Ajralib chiqqan modda miqdori yordamida o'tgan elektr miqdorini o'lchashga imkon beradigan elektrometr kulonometr deb ataladi. Kulonometrlarda tok bo'yicha unum 100 % bo'lishi lozim, ya'ni qo'shimcha reaksiyalar borishi kerak emas. Agar zanjirdagi elektrolizyorga ketma-ket holda kulonometr ulansa, bunda o'tgan elektr miqdori asosida tekshirilayotgan eritmadagi modda konsentratsiyasini galvanik qoplam qalinligini va boshqalarni aniqlash imkoniyati vujudga keladi. Faradey qonunlariga asoslangan miqdoriy analiz metodi kulonometriya deb ataladi. Tortma (kumushli, misli) va hajmiy (simobli, gaz) kulonometrlari ko'p ishlatiladi. Kumushli kulonometrda anod platina yoki kumushdan, katod esa faqat kumushdan yasaladi. Anod katoddan diafragma bilan ajratiladi. Kulonometr faol kislotali muhitga keltirilgan kumush nitrat eritmasi bilan to'ldiriladi. Jarayon ik $0,02 \text{ a/sm}^2$ va ia $0,02 \text{ a/sm}^2$ tok zichliklarida olib boriladi.

Katodda kumush ajralib chiqadi va katodning massasi ortishi bo'yicha o'tgan elektr miqdori aniqlanadi. Mis kulonometrda katod ham, anod ham misdan tayyorlanadi. Eritma tarkibida 50 t/l mis kuporosi va 50 t/l shakar bo'ladi. Shakar elektrolit hajmida $2\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}$ reaksiyasiga yo'l qo'yimaslik uchun kerak.

Tok zichligi 0,002- 0,02 a/sm² . Anodda mis eriydi, katodda esa mis ajraladi. Simobli kulonometrda elektrolit sifatida tarkibida 225 g/l simob yodid va 750 g/l kaliy yodid bo'lgan eritma ishlatiladi. Anodda simob eriydi va Hg²⁺ ionlari hosil qiladi, grafit katodda ularning qaytarilishi yuz beradi va metall simob to'planadi va u kulonlar bo'yicha darajalangan naychaga oqib tushadi.

Fanga «elektroliz unumi» yoki «elektr quvvatiga nisbatan unum» degan tushuncha kiritilgan: $\eta = m_1/m * 100\%$ bu yerda:

m_1 – amalda ajralib chiqqan modda miqdori;

m – nazariy miqdor. Binobarin, $m = E * Q / 96500$

$\eta = m_1 * 96485 / E * I * t$

O'tilgan mavzu yuzasidan savollar:

1. Elektr tokining kimyoviy ta'siri deganda nimalarni tushunasiz?
2. Elektroliz qonunlari. Elektrolit suyuqlanmasi va eritmasining elektrolizi.
3. Kulonometriya asoslari nima va moddaning tok bo'yicha chiqish unuminianiqlash usullari qanday?
4. Ionlarning harakatchanligi deganda nimalarni tushunasiz?
5. Kolraush qonunining ifodasi qanday va uni tushuntiring?

II. BOB. ELEKTRODLARDAGI JARAYONLAR VA

ELEKTR YURUTUVCHI KUCH

2.1. Elektrod potentsiallarining hosil bo'lishi. Elektrokimyoviy

kuchlanish qatori. Elektrodlar va ularning turlari.

Kimyoviy aktivligiga qarab metallar kuchlanish qatoriga joylashadi. Metallarning kuchlanishlar qatoridan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Har bir metall aktivlik qatorida o'zidan keyingi metallni uning tuzidan siqib chiqaradi.

2.Vodorodni kislotalardan standart elektrod potentsiallari manfiy qiymatga ega bo'lgan metallar siqib chiqaradi.

3.Metallarning standart elektrod potentsialini musbat qiymati qancha katta bo'lsa, uning ioni shuncha kuchli oksidlovchilik xossasiga ega bo'ladi. Metallarni ularning birikmalaridan boshqa metallar siqib chiqarishini N.N.Beketov mukammal o'rgangan. Beketov metallarni kimyoviy aktivligini pasayib borishi tartibida «siqib chiqarish qatori» deb atalgan qatorga joylashtirdi. Hozirgi vaqtda Beketovning siqib chiqarish qatori metallarning elektrokimyoviy kuchlanishlar qatori deb ataladi. Metallar bu qatorga ularning standart elektrod potentsiallari qiymatlarining ortib borishi tartibida joylashtirilgan: K, Na, Ca, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H₂, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. Bu qator standart(normal) elektrod potentsiallari qatori ham deb ataladi. Zaryadlangan zarrachalar tutgan eritmaga tushirilgan metallni **elektrod** deb ataymiz. Bunday sistemada metallardan eritmaga kationlar o'tishi mumkin. Olib o'tilayotgan zarrachalarning solvatlanishi (gidratlanishi) ionlarning o'tishiga ko'maklashadi. Kation-larning eritmaga o'tishi natijasida metall manfiy zaryadlanadi, lekin elektrod – eritma sistemasi elektroneytral bo'lib qoladi. Elektrod sirti atrofida metall sirtidan 10^{-5} - 10^{-7} m gacha cho'zilgan qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi (5-rasm). Xuddi shunday qilib, eritmada kationlar ham metallga o'tishi mumkin, unda metall musbat zaryadlanadi, anionlar esa qo'sh qavatni hosil qiladi. Metallning sirtqi zaryadiga mos ravishda oriyentatsiyalashgan suv molekullari bevosita metall sirtiga tegib turadi (ushbu holatda metall sirti manfiy zaryadlangan). Metall sirtining bir qismini adsorbilangan va kam yoki butunlay gidratlanmagan anionlar egallaydi. Ularning adsorbilanishi maxsus (spesifik) deb ataladi, chunki u sirtning zaryadiga emas, balki kovalent bog'larning hosil bo'lishiga bog'liq bo'ladi; kontakt adsorbilanish deb ham ataladi, chunki degidratlangan anionlar metall sirtiga zich tegib turadi. 298 K haroratda simob sirtida Cl^- , Br^- , I^- va Cs^+ ionlarining adsorbi-lanishi, K^+ , Na^+ va F^- ionlarining adsorbilanmasligi aniqlangan. Maxsus adsorbilanishning paydo bo'lishi ionning gidratlanish darajasiga va kattaligiga bog'liq. Masalan, fluor ioni vodorod bog'-lari bilan bog'lanadi va bu hol fluor ionining eritma hajmidan elektrodning sirtiga chiqishiga halaqit beradi. Adsorbilangan ion-larning markazlaridan G_1 masofada

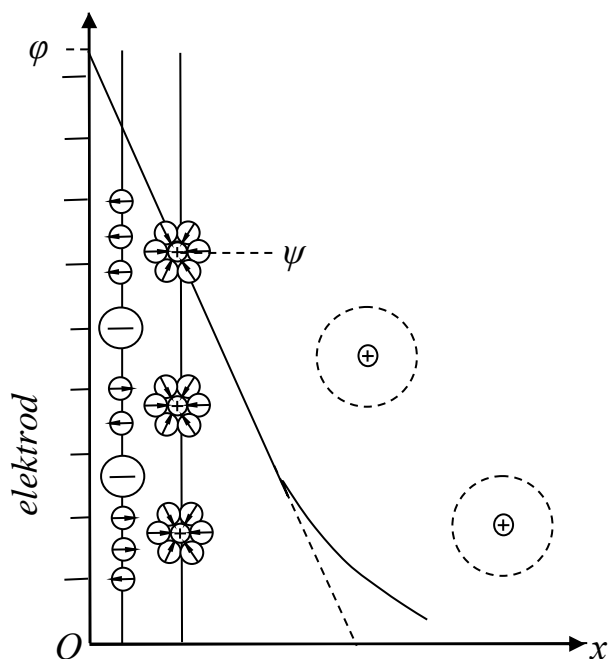
o'tkazilgan tekislik **Gelmgolsning ichki tekisligi** deb ataladi. Bu tekislikdan keyin gidratlangan kationlarning markazlaridan G_2 masofada o'tkazilgan keladi. Gidratlangan ionlarning radiusiga yaqin oraliqdagi $O - G_2$ Gelmgols qavatizich **qavat** deyiladi.

5-rasm. Qo'sh elektr qavatining tuzilishi

Manfiy belgili aylanalar bilan spesifik adsorbi-langan anionlar ko'rsa-tilgan; musbat belgi bilangidratlangan kationlar; shtrixlangan aylanalar bilandiffuzion qavatdan tashqarida joylashgan gidrat qavat; o'qli aylanalar bilansuvning dipollari; φ va ψ lar bilan esa, ichki va tashqi potentsiallar ko'rsatilgan.

Zich qavatda ionlar bilan va o'zaro kuchsiz bog'langan suv molekulari ham bo'ladi (5-rasmda) aylanaga olingan o'qlar bilan ko'rsatilgan). Bu suvning tuzilishi individual suvnikidan farq qiladi, shuning uchun ham zich qavatdagi suv **qayta tiklangan** deyiladi. Eritmaning zich qavatdagi dielektrik singdiruvchanligi ε individual suvnikidan kichik bo'ladi.

Zich qavatdan tashqarida, ya'ni diffuzion qavatda, zarrachalarning issiqlik energiyasi ularni elektrod maydoni bilan tartiblashtirish energiyasiga solishtiradigan holatga keladi. Buning natijasida zarrachalar tartibsiz taqsimlanadi, ularning konsentratsiyasi esa eritma hajmidagi konsentratsiyaga yaqinlashadi. Shunga mos



ravishda ε ham ε_{H_2O} ga yaqinlashadi.

Diffuzion qavat eritmaning ichiga tomon ancha cho'zilgan, lekin uning λ masofadagi G_2 tekisligidan samarali qismni ajratish mumkin. λ ning uzunligi kuchli elektrolit eritmasidagi ion atmosferasi radiusining analogidir. Xuddi shu radius kabi, λ ham konsentratsiya bo'yicha olingan kvadrat ildizga teskari proporsionaldir. Agar samarali diffuzion qavatdagi hamma

zaryadlar λ masofadagi yupqa qavatga yig'ilsa, unda ular elektrod sirtidagi zaryadlarni neytrallaydi.

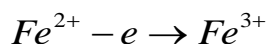
Maxsus adsorbilanish mavjud bo'lmaganda qo'sh qavatni yupqa kondensatorga o'xshatish mumkin. Bunda M metallning zaryadlangan sirti kondensatorning bitta qavati bo'lib xizmat qilsa, λ masofadagi samarali chegara sirt ikkinchi qavat bo'ladi. Metall bilan eritma orasida potentsiallar sakrashi paydo bo'ladi. Har qanday potensial sakrashi o'rnatilgan taqdirda ham elektrod va eritma orasida kationlar almashinishi kuzatiladi. Metalldan eritmaga qarab ionlarning oqimi ularning eritmada metallga qarab oqimiga teng va zaxang kuchlidir. Elektrodning bir birlik sirti uchun olingan bu oqimning kuchi **almashinish toki** deyiladi.

Eritmaning o'rtacha ion aktivligi birga teng bo'lgandagi almashinish toki standart j_0 hisoblanadi. Turli sistemalarda $j_0=10^3-10^{-9} \text{ A/m}^2$ ga teng.

Elektrod potentsiali hosil bo'lishining keltirilgan mexanizmi umumiy emas. Ayrim metallar (oltin, platina) shunchalik mahkam kristall panjaraga egaki, ulardan kationlar ajralib chiqmaydi. Bu metallarda potentsiallar farqi paydo bo'lmaydi. Ammo bunday metallarning sirtiga oksidlanish yoki qaytarilish qobiliyatiga ega bo'lgan ko'pchilik moddalar adsorbilanishi mumkin. Shuning uchun bu metallar yordamida eritmalar bilan muvozanatda bo'lgan sistemalarni hosil qilish mumkin. Bu holda elektrodlar inert deyiladi, potensial esa inert elektrodda adsorbilanadi va erigan modda orasidagi muvozanat bilan belgilanadi. Bunday elektrodda misol qilib eritmada vodород ionlari bilan muvozanatda bo'lgan va vodород adsorbilangan platinalangan platinani olish mumkin. Bunda moddaning oksidlangan shakli eritmada, qaytarilgani esa, elektrodda bo'ladi.

Moddaning ikkala shakli ham eritmada bo'lishi mumkin, unda almashinish inert elektrod va ionlar orasida sodir bo'ladi. Masalan, Fe^{3+} kationi platinadan bitta elektron tortib olishi va Fe^{2+} gacha qaytarilishi mumkin. Bunda platina musbat zaryadlanadi, eritmada esa ortiqcha anion hisobiga manfiy zaryad paydo bo'ladi (masalan, $FeCl_3$ dan Cl), shuningdek, keyingi elektronlarni tortib olishi borgan sari qiyinlashib boradi va nihoyat, musbat zaryadlangan elektrod va anionlar qavati orasida muvozanat o'rnatiladi.

Shunday qilib, $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$ kimyoviy reaksiyasi boradi. Shuningdek, unga qarama-qarshi reaksiya ham borishi mumkin:



Elementni ulaganda reaksiyaning u yoki bu yoʻnalishi bitta elektrodning tabiatiga emas, balki galvanik elementning ikkala elektrodiga bogʻliq. Elektrodni eritmada chiqarib olish eritmani boshlangʻich holatga qaytaradi. Qoʻsh qavatdagi ionlar, koʻpincha, **potensial hosil qiluvchi ionlar** deyiladi.

Ikkita elektrodan iborat boʻlgan va elektrodlardan birining potentsiali aniqlanishi kerak boʻlgan, ikkinchi elektrodning potentsiali esa nolga teng deb olingan galvanik elementning *EYuK* si **elektrodning standart potentsiali** hisoblanadi. Potentsiali nolga teng deb olingan elektrod sifatida standart sharoitlardagi normal vodorod elektrodu xizmat qiladi. Elektrod potentsiallarining absolyut qiymatlari nomaʼlum. Vodorod elektrodining standart potentsiali har qanday haroratda nolga teng deb qabul qilingan. Elektrodning standart potentsiali vodorod elektrodu va aniqlanayotgan elektrodan tuzilgan galvanik elementning *EYuK* ga teng. Bunday galvanik element ulaganda oʻrganilayotgan elektrodga oksidlanish yoki qaytarilish kuzatilishi mumkin. Shunga bogʻliq ravishda elektrodning potentsiali musbat yoki manfiy boʻladi. Standart potentsiallar yoki kuchlanishlar qatori shu yoʻl bilan keltirib chiqarilgan. Bu qatorda vodorod elektrodu musbat va manfiy elektrodning orasida joylashgan.

Vant-Goffning izoterma tenglamasidan foydalanib, elektrodning potentsialini va galvanik elementning *EYuK* ni hisoblab topish mumkin:

$$A = -\Delta G = RT(\ln K_a - \Delta \ln a^0) \quad (27)$$

bu yerda: K_a – aktivlik bilan ifodalangan muvozanat konstantasi; Δa^0 – reaksiya mahsulotlari aktivliklari koʻpaytmasining boshlangʻich moddalar aktivliklari koʻpaytmasiga nisbati.

$A = zFE$ ekanligini hisobga olsak:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln K_a - \frac{RT}{zF} \Delta \ln a^0 \quad (28)$$

Agar dastlabki moddalarning aktivligi (konsentratsiyalari) 1 ga teng boʻlsa, $\Delta a^0 = 1$ va $\Delta \ln a^0 = 0$ boʻladi va:

$$E^0 = \frac{RT}{zF} \ln K_a \quad (29)$$

ga teng bo‘lib qoladi, bu yerda E^0 – standart elektr yurituvchi kuch.

(27) va (29) tenglamalardan

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \Delta \ln a^0 \quad (30)$$

(30) tenglamada aktivliklarni o‘nli logarifmlarda ifodalasak,

$$E = E^0 + \frac{2,303RT}{zF} \lg \left(\frac{a_{ox}}{a_{red}} \right) \quad (31)$$

$$z=1 \text{ da: } \frac{2,303RT}{zF} = \frac{2,303 \cdot 8,314 \cdot 298}{1 \cdot 96500} = 0,059 \quad \text{va} \quad E = E^0 + 0,059 \lg \left(\frac{a_{ox}}{a_{red}} \right) a_{ox} = 1;$$

$a_{red} = 1$ bo‘lganda $\lg 1 = 0$ va $\frac{2,303RT}{zF} \cdot \lg 1 = 0$ bo‘lgani uchun $E = E^0$ yoki $\pi = \pi^0$, bu yerda: π^0 – standart oksidlanish-qaytarilish potentsiali deyiladi.

Bu tenglama **Nernst tenglamasi** bo‘lib, *EYuK* (yoki potentsial) bilan eritmaning konsentratsiyasi (aktivligi) orasidagi bog‘lanishni ko‘rsatadi. Demak, E_0 eritmada ionlarning aktivligi 1 ga teng bo‘lgandagi standart *EYuK* va π_0 eritmada ionning aktivligi 1 ga teng bo‘lgandagi standart potentsialdir.

Diffuzion potentsial

Ikki elektrolit eritmalarining chegara sirtida ionlarning turli harakatchanligi tufayli **diffuzion potentsial** hosil bo‘ladi. Masalan, $AgNO_3$ ning bir-biri bilan tutashtirilgan $0,1 n$ va $1 n$ eritmasini ko‘zdan kechiramiz. Diffuziya qonuniga binoan, Ag^+ va NO_3^- ionlari yuqori konsentratsiyali eritmada kam konsentratsiyali eritma tomon harakatlanadi. NO_3^- anionlarning harakatchanligi Ag^+ kationiga nisbatan yuqori bo‘lganligi sababli NO_3^- ionlarining konsentratsiyasi kam konsentratsiyali eritmada ortib ketadi. Natijada, turli konsentratsiyali eritmalarning chegarasida manfiy va musbat zaryadlangan sohalar paydo bo‘ladi. Ushbu elektr qavatining hosil bo‘lishi eritmalarning chegarasida potentsiallar farqini vujudga keltiradi. Mana shu potentsiallar farqi **diffuzion potentsial** deb ataladi. Diffuzion potentsial faqat turli konsentratsiyali eritmalar chegarasidagina emas, balki har qanday ikki elektrolit eritmasi chegarasida ham hosil bo‘ladi. Diffuzion potentsialning miqdori aktivliklarning yoki eritmalar

konsentratsiyasining o‘zaro nisbatiga va ionlarning tashish sonlari ayirmasiga proporsionaldir. Diffuzion potensialning ishorasi tashish sonlarining miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Amaliyotda diffuzion potensial aniq natijalar olishga xalaqit beradi. Shuning uchun diffuzion potensialni yo‘qotishga harakat qilinadi va diffuzion potentsiallar ayirmasini hosil qiluvchi eritmalar tuz ko‘pri-gi orqali tutashtiriladi. Tuz ko‘pri-gi sifatida ionlarning harakat-chanligi bir xil bo‘lgan tuzlardan foydalaniladi. Odatda, KCl , KNO_3 , NH_4NO_3 eritmaları ishlatiladi. Ikki eritma tuz ko‘pri-gi orqali tutashtirilganda elektr tokini, asosan, shu tuz ko‘prigining ionlari o‘tkazadi.

Oksidlanish-qaytarilish potentsiali

Bir metallning har xil valentlikdagi tuzlari eritmasining aralashmasiga (masalan, $FeCl_3$ va $FeCl_2$) platina kabi betaraf metallar tushirilsa, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (redoksi) hosil bo‘ladi, bunday elektrodlar **oksidlanish-qaytarilish elektrodleri** deyiladi. Bir elektrod boshqa elektrod bilan tutashtirilsa, eritmada oksidlanish yoki qaytarilish jarayoni boradi:



Agar reaksiya chapdan o‘ngga tomon ketse, reaksiyaning borishi uchun elektron kerak bo‘ladi, aksincha, reaksiya o‘ngdan chapga ketse, elektron ajralib chiqadi. Agar reaksiya borishi uchun elektron talab qilinsa, uni eritmaga tushirilgan platina yetkazib beradi. Natijada, platinaning o‘zi musbat zaryadlanadi. Musbat zaryadlangan platina eritmadagi manfiy ionlarni tortishi natijasida qo‘sh elektr qavati hosil bo‘lib, potentsiallar farqi vujudga keladi. Aksincha, elektrokimyoviy jarayonda elektron ajralib chiqsa, platina manfiy zaryadlanadi va eritmadan musbat ionlarni tortib, qo‘sh elektr qavatini hosil qiladi.

Demak, oksidlanish-qaytarilish potentsiali elektrod bilan eritma chegarasida elektroddan oksidlovchiga (Fe^{3+}) yoki eritmadagi qaytaruvchidan (Fe^{2+}) elektrodga elektron o‘tishi natijasida hosil bo‘ladi. Bunda moddaning oksidlangan va qaytarilgan ko‘rinishlari eritmada bo‘ladi, elektrod esa faqat elektronlar manbai vazifasini bajaradi. Oksidlanish-qaytarilish elektrodlerining boshqa elektrod-lardan farqi shundaki, bunda elektrod potentsial vujudga kelishi uchun tushirilgan metall ioni jarayonda bevosita ishtirok etmaydi. Oksidlanish-qaytarilish potentsialining qiymati elektroddan olingan

yoki unga berilgan elektronlarning soniga bog‘liq. Bu esa, o‘z navbatida, oksidlovchi va qaytaruvchi moddalar aktivliklarining nisbatiga proporsionaldir. Bu potensial, yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan-dek, oksidlovchining oksidlanish qobiliyatini ko‘rsatadi.

Elektrodlarning tasniflanishi

Elektrodlarni tasniflashda termodinamik nuqtai nazardan qarash qulay, bunda fazalar soni va qaytarlikning turi hisobga olinadi. Termodinamik jihatdan elektrodlar quyidagicha tasniflanadi:

- a) birinchi tur: ikki fazali, kation yoki anionga nisbatan qaytar;
- b) birinchi tur: uch fazali, gaz elektrodlar;
- d) ikkinchi tur: uch fazali, kationga hamda anionga nisbatan qaytar;
- e) redoks: oksidlangan va qaytarilgan ko‘rinishlar bitta – suyuq fazada bo‘lgan elektrodlar;
- f) ion almashinuvchi (ionselektiv) elektrodlar.

Uchinchi tur – to‘rt fazali, biologik va fizikaviy elektrodlar ham mavjud.

Standart yoki solishtirish elektrodlariga misol tariqasida vodorod elektrodi, kalomel elektrodi, xingidron elektrodi va umuman, elektrod potentsiali doimiy qiymatga ega bo‘luvchi, harorat va boshqa ta’sirlarga chidamli bo‘lgan, konstruktiv jihatdan qulay va arzon elektrodlarni keltirish mumkin.

Vodorod elektrodi

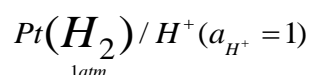
Elektrod potentsiali hosil bo‘lishining sabablaridan biri aktivligi kam metall sirtiga ionlanish qobiliyatiga ega bo‘lgan moddalar-ning adsorbilanishidir. Masalan, vodorod platina sirtiga adsorbiladi va ionlanish natijasida elektrodda qo‘sh elektr qavatini hosil qiladi. Ushbu usul bilan standart vodorod elektrodi olinadi. Tarkibida H^+ bo‘lgan eritmaga sirti yuqori dispersli platina bilan qoplangan platina plastinkasi tushiriladi. Eritma orqali tozalangan vodorod gazi yuboriladi. Vodorod gazining juda ham toza bo‘lishi muhimdir, chunki AsH_3 , H_2S va boshqalarning gaz tarkibida bo‘lishi platinalangan platinaning sirtini “zaharlaydi” va elektrodning potentsialini sezilarli darajada o‘zgartirib yuboradi. Shu sababli, sof vodorod gazi ishqorli eritmalarni elektroliz qilish yo‘li bilan olinadi va tozalanadi. Eritma ichidan o‘tkazilgan vodorod

platina elektrodiga adsorbilanib, uning sirtiga o'tirib qoladi. *Pt* ning sirtida quyidagi muvozanat o'rnatiladi:



Shuning uchun, elektrodning potentsiali eritmada vodород ionlarining aktivligi bilan belgilanadi.

Vodorod elektrodi potentsialini nazariy hisoblash xuddi Nernst tenglamasini keltirib chiqarishda qo'llangan mulohazalarga asoslangan. Normal vodorod elektrodining zanjiri quyidagidek yoziladi:



Vodorod elektrodining potentsiali etalon sifatida qabul qilingan. Boshqa hamma elektrodning standart potentsiallarining qiymatlari normal vodorod elektrodga nisbatan o'lchangan. Normal vodorod elektrodining potentsiali shartli ravishda nolga teng deb qabul qilingan.

Vodorod elektrodining kamchiliklaridan biri uning potentsialining sekin o'rnatilishi bo'lsa, ikkinchisi, yuqorida aytganimizdek, vodorodni juda ham toza bo'lishi talab qilinishidir. Shuning uchun, amalda vodorod elektrodi ishlashga qulayroq bo'lgan boshqa elektrodlar bilan almashtiriladi. Vodorod elektrodi gaz elektrod turi bo'lgan bo'lib, bunday elektrodlardan tashkil topgan zanjirlar **gazli zanjirlar** deyiladi. Bunday zanjirlarda qo'llanilayotgan metall o'tkazgich vazifasini bajaradi va ushbu metallning sirtida adsorbilangan gazlarning ionlanishi natijasida hosil bo'lgan elektronlarni olib o'tadi. Agar oddiy metallardan iborat elektrodlarda elektrokimyoviy jarayon elektrod materialining oksidlanishi yoki qaytarilishi bilan bog'liq bo'lsa, gazli elektrodlarda oksidlanish-qaytarilish jarayonida adsorbilangan gazlar qatnashadi, metall elektrodining o'zi esa, ushbu jarayonda bevosita ishtirok etmaydi.

Standart (solishtirish) elektrodlar

Turli zanjirlarning *EYuKni* o'lchaganda potentsiali oson qayta takrorlanadigan va muvozanat qiymatiga tezda yetadigan elektrodlardan keng foydalaniladi. Bunday elektrodlar **solishtirish** yoki **standart elektrodlar** deyiladi. Ularga quyidagi talablar qo'yiladi:

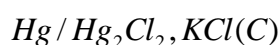
–ularning potentsiallari o‘zgarmaydigan va vodorod elektrodiga nisbatan aniq o‘lchangan bo‘lishi kerak;

–standart elektrodlar potentsialining harorat koeffitsiyenti kam bo‘lishi kerak;

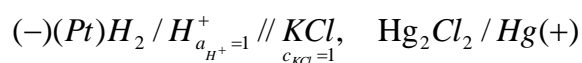
–ushbu elektrodning tayyorlanishi oson va arzon bo‘lishi kerak;

–bunday elektrodni ishlatish qulay bo‘lishi zarur.

Odatda, standart vodorod elektrodini kalomel elektrodini bilan almashtiriladi. Kalomel elektrodini ikkinchi tur elektrodga mansub bo‘lib, u simobdan iborat bo‘ladi va uning usti Hg_2Cl_2 va Hg larning aralashmasi bilan qoplangan bo‘ladi. Elektrolit sifatida KCl ning ma’lum konsentratsiyali ($0,1-1,0$ n li yoki to‘yingan eritma) eritmasidan foydalaniladi. Simobning ichiga platina simi tushirib qo‘yiladi, u faqat o‘tkazgich vazifasini bajaradi. Kalomel elektrodini zanjiri quyidagicha ifodalanadi:



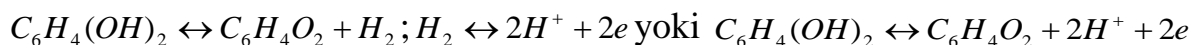
Kalomel elektrodini simob elektrodini hisoblanadi, uning potentsiali simob ionlarining aktivligiga bog‘liq. Ammo Hg_2Cl_2 eritmasi to‘yingan bo‘lganligi sababli, $a_{Hg_2^{2+}} = const$ bo‘ladi va elektrodning potentsiali faqat Cl^- ionlarining aktivligi bilan belgilanadi. Cl^- ionlarining konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo‘lsa, Hg_2^{2+} ionlarining aktivligi shunchalik kam va elektrodning potentsiali shunchalik manfiy bo‘ladi. Normal kalomel elektrodini ($C_{KCl} = 1$) uchun elektrodning potentsiali $0,283 B$ ga teng, ya’ni kalomel elektrodini standart vodorod elektrodiga nisbatan $0,283 B$ ga musbatroqdir. Agar quyidagi



zanjirni tuzib, uni E_{YUK} ni o‘lchasa, o‘rganilayotgan eritmaning pH ni oson hisoblash mumkin.

Shunday qilib, pH ni o‘lchayotganda standart vodorod elektrodini kalomel elektrodini bilan almashtirish mumkin. Eritmadagi ikkinchi vodorod elektrodini ham o‘zgartirish mumkin, masalan, xingidron elektrodini bilan. Ma’lumki, xingidron elektrodini oksidlovchi-qaytaruvchi elektrodlardandir. U oddiy yarim element bo‘lib, unga pH noma’lum bo‘lgan eritma quyiladi va kam miqdorda xingidron solinadi. Eritmaga o‘tkazgich vazifasini bajaruvchi platina simi tushiriladi. Bunday elektrod normal

kalomel elektrodi bilan tutashtiriladi va zanjirning *EYuKo*‘lchanadi. *EYuK* ni bilgan holda eritmaning *pH* ni hisoblash mumkin. Xingidron xinon bilan gidroxinonning ekvimolekulyar birikmasidir: $C_6H_4O_2 \cdot C_6H_4(OH)_2$, u suvda yomon eriydi. Eritmada xinon bilan gidroxinon o‘rtasida quyidagi oksidlanish-qaytarilish muvozanati o‘rnatiladi:



Bu muvozanatda vodorod ionlari qatnashgani sababli, oksidlanish-qaytarilish potentsiali eritmaning vodorod ko‘rsatkichi *pH* ga bog‘liq bo‘ladi. Xingidron elektrodini ishqoriy eritmalarda qo‘llash mumkin emas, chunki gidroxinonning ishqoriy tuzlari hosil bo‘lishi natijasida xinon bilan gidroxinonning nisbati ekvimolekulyar bo‘lmay qoladi. Xinon bilan gidroxinonning nisbati kuchli elektrolit tuzlari ishtirokida ham o‘zgarib qolishi mumkin. Xingidron elektrodi vodorod elektrodga nisbatan oksidlovchilarga chidamli bo‘ladi. Kalomel va xingidron elektrodlaridan iborat bo‘lgan galvanik elementda xingidron elektrodi musbat bo‘ladi.

Shunday qilib, xingidron elektrodi o‘zini vodorod elektrodi kabi tutadi, ammo unda standart vodorod elektrodiga o‘xshab atmosfera bosimida emas, balki juda kichik parsial bosimda *Pt* vodorod bilan to‘yinadi. Shu sababli, xingidron elektrodining potentsiali eritmadagi vodorod ionlarining bir xil aktivligida vodorod elektrodining potentsialidan *0,7 B* ga musbatdir.

Hozirgi vaqtda eritmalarning *pH* ni o‘lchash uchun shisha elektrodlardan (ionsektiv elektrodlar) keng foydalanilmoqda. Ushbu elektrodlar alohida tarkibli shishalardan tayyorlanadi va ularning tarkibiga ko‘p miqdorda ishqoriy metallar kiradi, shuning uchun ular oddiy shishaga nisbatan kichik elektr qarshiligiga ega. Ushbu elektrodga kislotaning konsentrlangan eritmasi bilan ishlov berilgan juda yupqa shisha to‘siq (membrana) mavjud bo‘lib, bu membranadan eritmaga vodorod ionlari o‘tadi va membrana manfiy zaryadlanadi (SiO_3^{2-} ionlari hisobiga). Hosil bo‘ladigan potentsiallar farqi eritmadagi vodorod ionlarining aktivligiga bog‘liq.

Shisha elektrodining potentsiali tez o‘rnatiladi va eritmadagi oksidlovchilar va platina elektrodini zaharlaydigan qator moddalarga bog‘liq emas. Shisha elektrodining kamchiliklari ham bor, masalan, shisha membrananing yuqori omik qarshiligi *EYuK*ni

o'lcayotganda sezgir asbsoblardan foydalanishni talab qiladi (pH-metrlar). Bundan tashqari, shisha elektrodini pH ning 0-12 oralig'ida qo'llash mumkin.

Ionselektiv elektrodlar yuqorida aytilganlardan farq qiladi, ularda ikkala chegaralangan fazalar – membrana va eritma – ion o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. Jarayon membrana bilan eritma orasida ionlarning almashinishi bilan boradi. Fazalararo chegarani kesib o'tuvchi ionlarning zaryadi o'zgarmaydi, ammo zaryad boshqacha taqsimlanishi mumkin. Membrananing tarkibi va tuzilishi topilsa, fazalararo chegaradagi potensial faqat birgina ko'rinishdagi ionning aktivligiga bog'liq bo'ladi. Bunday elektrod-lar selektivlik xususiyatiga ega bo'ladi va alohida ionlarning aktivligini o'lchash imkoniyatini beradi.

Ionselektiv elektrodning membranalari qattiq va suyuq bo'lishi mumkin. Qattiq membranalar shisha, kristall va getero-gen membranalar kiradi. Suyuq elektrodga suv bilan aralashmay-digan dielektrik doimiysi kichik bo'lgan organik erituvchilar kiradi (xlorbenzol, toluol), ularda kerakli ionogenlar eritilgan bo'ladi (fosfat kislotaning diefirlari, alifatik kislotalar, aminlar, kraun-efirlar).

Elektrokimyoviy yacheykalar

Har qanday elektrokimyoviy yacheyka kamida ikkita elektrod va elektrolitdan iborat bo'ladi. **Elektrod** deganda, elektron mexanizm bo'yicha zaryad tashib o'tilishi ionli mexanizmga aylanuvchi chegara sirt tushuniladi. **Elektrolit** deganda, ionlarning yo'nalgan harakati tufayli zaryad tashib o'tilishi kuzatiladigan muhit tushuniladi. Elektrokimyoviy o'lchashlar o'tkazish uchun mo'ljallangan yacheykada doimo 3 ta funksiyani bajaruvchi elektrodlar bo'ladi (ayrim hollarda 1 ta elektrod 2 ta funksiyani bajaradi):

–ishchi (yoki indikator) elektrod. Ushbu elektrod inert materialdan yasaladi;

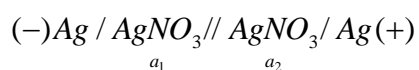
–solishtirish elektrodi. U doimiy potensialga ega bo'ladi. Unga nisbatan yacheykadagi boshqa elektrodning potentsiali o'lchanadi. Ushbu elektrod inert materialdan qilinmaydi;

–yordamchi elektrod elektronlarning manbai bo'lib xizmat qiladi. Odatda, uning toki va potentsiali o'lchanmaydi. Yordamchi elektrod, odatda, inert materialdan yasaladi.

Ishchi elektrodni boshqa elektrodlar bilan birlashtirib bo'lmaydi.

Har qanday elektr zanjiri impedans bilan tavsiflanadi. Impedans, yuqorida aytganimizdek, *omik qarshilik (faol qarshilik), sig‘im va induktiv qarshiliklarning yig‘indisiga teng*. Omik qarshilik o‘zgaruvchan va o‘zgarmas toklar o‘tayotganda ham bir xil kuzatiladi. Signallarning chastotasi ortgani sari sig‘im qarshiligi kamayadi, induktiv qarshiligi, aksincha, **ortadi**.

Ma’lumki, metall elektrodining potentsiali uni eritmadagi ionlarining konsentratsiyasi (aktivligi) ortib borishi bilan ortadi. Shu sababli, ikkita bir xil metall elektrodleri ushbu metallar tuzlarining turli konsentratsiyali eritmalariga tushirilgan bo‘lsa, ular turli potentsiallarga ega bo‘ladilar. Agar ular tashqi qarshilik orqali ulansa, zanjirda elektr toki oqa boshlaydi. Bunday zanjirlarni ionlar **tashib o‘tuvchi konsentratsion elementlar** deyiladi. Ularning ishlash mexanizmini kumush konsentratsion elementi



misolida ko‘rib chiqamiz. Avvalambor, konsentratsion elementlarda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining manbai bo‘lib nima xizmat qilishini aniqlash kerak. Agar kimyoviy zanjirlarda elektr energiyasining manbai elementda borayotgan kimyoviy reaksiya bo‘lsa, konsentratsion elementlarda kimyoviy jarayonlarning borishi mumkin emas, chunki elektrodlar bir xil metallardan iborat. Elektr energiyasini keltirib chiqaruvchi jarayonning tabiatini aniqlash uchun ishlab turgan konsentratsion elementdagi o‘zgarishlarni kuzatamiz: konsentratsiyasi kamroq eritmaga tushirilgan elektrod-ning massasi kamayadi, eritmaning konsentratsiyasi esa sekin-asta ortib boradi. Konsentratsiyasi yuqori eritmadagi elektrodda teskari jarayon boradi, natijada, eritmaning konsentratsiyasi kamayadi. Shunday qilib, bunday elementlarda elektr energiyasining manbai bo‘lib eritmalar konsentratsiyalarining tenglashuv jarayoni xizmat qiladi. Shuning uchun ham ular konsentratsion elementlar deb ataladi. Nernst bo‘yicha elektrodning potentsiallari

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \pi_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_1; \\ \pi_2 &= \pi_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_2 \end{aligned} \quad (\text{IX.66})$$

Agar $a_1 < a_2$ bo‘lsa, unda $\pi_1 < \pi_2$ bo‘ladi. Demak, konsentratsion zanjirda birinchi elektrod katod vazifasini bajaradi va $Ag \rightarrow Ag^+ + e$ elektrokimyoviy reaksiya natijasida

elektrod manfiy zaryadlanadi. Ikkinchi elektrodda qarama-qarshi jarayon boradi $Ag^+ + e \rightarrow Ag$ va kumush ioni qaytariladi. Natijada, ikkinchi elektrod atrofida ortiqcha anionlar qoladi, ular birinchi elektrodga o'ta boshlaydi. Mana shunday elektrod jarayonlar natijasida eritmalar konsentra-tsiyalarining tenglashuvi kuzatiladi. Konsentratsion elementlarning ishlash mexanizmi shundaydir. Suyultirilgan eritmadagi elektrod doimo manfiy zaryadlanadi, konsentratsiyasi yuqori eritmadagi elektrod doimo musbat zaryadlanadi. Anionlarga nisbatan qaytar bo'lgan ikkinchi tur elektrodlardan iborat konsentratsion zanjirlarda elektrod potentsiallarining ishorasi teskari bo'ladi.

Konsentratsion elementlarning *EYuK* boshqa zanjirlardagi kabi elektrod potentsiallarining algebraik yig'indisiga teng:

$$E = \pi_a - \pi_k = \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_2}{a_1} \quad (\text{IX.67})$$

yoki yetarli darajada suyultirilgan eritmalar uchun ($a \approx C$)

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_2}{C_1} \quad (\text{IX.68})$$

tenglamani yozishimiz mumkin.

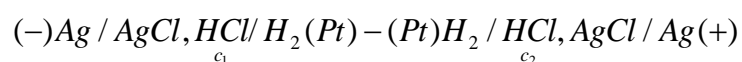
Shuni ta'kidlab o'tishimiz kerakki, yuqorida keltirilgan (IX.67) tenglama tajriba natijalari bilan to'la kelishmaydi, chunki uni keltirib chiqarayotganda turli konsentratsiyali eritmalar chegara-sidagi potentsiallar sakrashi hisobga olinmagan, u esa elementning *EYuK* ga ta'sir ko'rsatadi. Diffuzion potentsial deb ataluvchi bu potentsial eritmalar chegarasi orqali ionlarning diffuziyalanishi oqibatida paydo bo'ladi, u nomuvozanat jarayondir. Diffuzion potentsial bir necha o'n millivoltlardan oshmaydi. Shunga qaramas-dan turli hisoblashlarda uni e'tiborga olish kerak. Yuqorida aytganimizdek, diffuzion potentsial kimyoviy zanjirlarda ham paydo bo'ladi. Shuning uchun konsentratsion yoki kimyoviy zanjirlarning *EYuK* ni aniqlayotganda diffuzion potentsialni iloji boricha kamaytirish choralari ko'riladi. Diffuzion potentsial paydo bo'luvchi galvanik elementlar **ionlarni tashib o'tuvchi zanjirlar** deb ataladi.

Ikkita o'zaro aralashmaydigan erituvchilardagi elektrolit eritmalari chegarasida suyuqlik potentsiali ham paydo bo'ladi. Diffuzion potentsialdan farqli suyuqlik potentsiali muvozanatdir: agar eritmalarining konsentratsiyalari tenglashganda, diffuzion potentsialning yo'qolishi kuzatilsa, elektrolit o'zaro aralashmaydigan erituv-chilarda

teng taqsimlangan holatda ham suyuqlik potentsiali yo‘qolib ketmaydi. Turli konsentratsiyali eritmalar o‘rtasida chegara sirt bo‘lmagan konsentratsion zanjirlar ionlar tashib o‘tilmaydigan konsentratsion elementlar deyiladi. Bunday zanjirlar aniq o‘lchovlar o‘tkazish uchun qulay bo‘lib, ularda diffuzion potentsial to‘liq yo‘qoladi. Ionlar tashib o‘tilmaydigan konsentratsion elementda elektrodlardan biri ushbu elektrolitning kationlariga nisbatan qaytar, ikkinchisi esa anionlarga nisbatan qaytar bo‘lishi kerak. Vodorod va kumush xlorid elektrodlaridan iborat elementni ko‘rib chiqamiz:



Bu elementda vodorod elektrodi H_3O^+ kationiga nisbatan qaytar, kumush xlorid elektrodi esa, ikkinchi tur elektrodi bo‘lgani uchun, Cl^- anioniga nisbatan qaytar. Ionlar tashib o‘tilmaydigan konsentratsion element olish uchun turli konsentratsiyali HCl tutgan ikkita shunday elementlar bir-biriga qarama-qarshi ishlaydigan holatda ulanadi:



Ushbu zanjirda birinchi va ikkinchi elementlarning Pt elektrodleri metall o‘tkazgich yordamida ulanadi. Birinchi element-da Ag ning oksidlanish, ikkinchi elementda qaytarilish jarayonlari boradi. Bu jarayonlar natijasida HCl ning konsentratsiyasi o‘zgaradi va yuqori konsentratsiyali eritmada suyultirilgan eritmaga tashib o‘tiladi (boshqa hech qanday o‘zgarishlar kuzatilmaydi). Demak, ko‘rib chiqilayotgan zanjir konsentratsion element bo‘lib, unda HCl konsentratsiyalarining tenglashishi bilvosita yo‘l bilan sodir bo‘ladi.

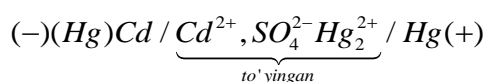
Ionlarni tashib o‘tmaydigan konsentratsion zanjirlarda diffuzion potentsial bo‘lmaydi, chunki ularda turli konsentratsiyali eritmalar orasida hech qanday kontakt yo‘q (yuqorida aytganimiz-dek, ularda Pt elektrodleri metall o‘tkazgich yordamida ulanadi).

Ionlarni tashib o‘tmaydigan konsentratsion zanjirlarga amalgamali elementlarni ham misol qilishimiz mumkin. Ularning zanjirlari simobda eriydigan qator aktiv metallardan tuzilishi mumkin. Simob eritmada deyarli ionlanmagani sababli, ko‘pgina metallarning amalgamalari o‘zini mos metall elektrod kabi tutadi, bunda faqatgina

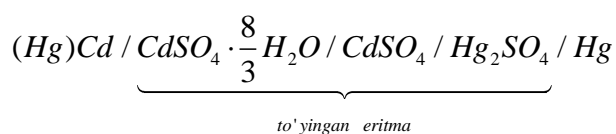
standart potensialning qiymati metallning amalgamadagi konsentratsiyasiga qarab o'zgaradi.

Normal element

Galvanik elementning *EYuK*ni oddiy voltmetr yordamida o'lchash mumkin emas, chunki voltmetr elementning *EYuK*ni emas, balki voltmetrning qarshiligiga bog'liq bo'lgan potentsiallar farqini o'lchaydi. *EYuK* galvanik elementda tok bo'lmaganda (yoki cheksiz kichik bo'lganda) o'lchanishi kerak. Bu sharoitda galvanik element bilan akkumulyatorning yoki yordamchi batareyaning (*EYuK* galvanik elementnikidan katta bo'lishi kerak) bir xil qutblari ulanadi va shu tufayli galvanik elementda hosil bo'layotgan elektr toki akkumulyatorning qarama-qarshi yo'nalgan toki bilan kompensat-siyalanadi. Galvanik elementning *EYuK* ni kompensatsiya usuli bilan aniqlashda Vestonning normal elementi qo'llaniladi. Bu elementning *EYuK*o'zgarmas qiymatga ega bo'lganligi sababli, xalqaro etalon sifatida qabul qilingan. Veston elementida katod vazifasini (manfiy qutb) kadmiyning to'yingan amalgamasi (tarkibida 12,5% *Cd* tutgan), anod vazifasini (musbat qutb) sirtiga Hg_2SO_4 va *Hg* larning aralashmasidan iborat pasta bilan qoplangan toza simob bajaradi. Elektrolit vazifasini $CdSO_4 \cdot \frac{8}{3}H_2O$ ning ortiqcha miqdordagi kristallari bo'lgan $CdSO_4$ ning to'yingan eritmasi bajaradi (eritma Hg_2SO_4 ga nisbatan ham to'yingan bo'ladi). Kadmiyli elementning zanjiri quyidagicha yoziladi:



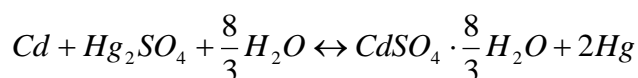
yoki to'liq ko'rinishda



Veston elementida quyidagi reaksiya boradi va bu reaksiya muvozanat holatiga javob beradi:



yoki to'liq holda reaksiyani quyidagicha yozish mumkin:



Veston elementining 20°C dagi E_{YuK} $E_e=1,0180\text{ V}$ ga teng.

Ushbu element E_{YuK} ning haroratga bog'liqligini $E_N = 1,0180 - 4,06 \cdot 10^{-5}(t - 20)$ tenglama orqali ifodalash mumkin, bu yerda $t - ^{\circ}\text{C}$ lardagi harorat. Veston elementi tashish sodir bo'lmaydigan elementga misol bo'ladi.

O'tilgan mavzu yuzasidan savollar:

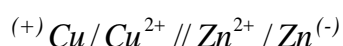
1. Elektrodlar va ularning turlari.
2. Elektrod potentsiallarining hosil bo'lishi. Elektrokimyoviy kuchlanish qatori.
3. E_{YuK} (yoki potentsial) bilan eritmaning konsentratsiyasi (aktivligi) orasidagi bog'lanishni ifodalaydigan formulani tushuntiring.
4. Diffuzion potentsial nima?
5. Oksidlanish-qaytqirilish potentsiali qanday potentsial? Xingidron elektrodining tuzulishini tushuntiring.
6. Daniel-Yakobi elementining zanjirini yozing.

2.2. Galvanik elementlar va ularda elektr yurituvchi kuchni hosil bo'lish jarayoni, katod va anodda boradigan oksidlanish – qaytarilish jarayonlari.

Metall bilan elektrolit eritmasi chegarasida doimo potentsiallar farqi paydo bo'ladi. Yuqorida aytganimizdek, elektrolit eritmasiga tushirilgan metallardan tarkib topgan sistemalar **metall elektrodleri** deyiladi. Metall bilan bir xil ionli elektrolit eritmasiga ega bo'lgan elektrodlerning amaliy ahamiyati katta. Bunday elektrodler qayta takrorlanuvchi potentsiallar farqini beradi. Ular **qaytar metall elektrodleri** deb ataladi. Qaytar elektrodlerda potentsiallar farqini keltirib chiqaradigan jarayonlar sharoitga qarab to'g'ri va teskari yo'nalishlarda borishi mumkin. Demak, qaytar elektrodler va ulardan tashkil topgan galvanik elementlar termodinamik jihatdan qaytar bo'lishi mumkin. Faqat qaytar elektrod va elementlargagina Vant-Goffning izotermik tenglamasini, Gibbs-Gelmgols tenglama-sini va termodinamika ikkinchi qonunining boshqa tenglamalarini tatbiq qilish mumkin. Termodinamik tenglamalarga asoslanib keltirib chiqarilgan **Nernst tenglamasi** ham faqat qaytar elektrod va elementlargagina oid.

Kimyoviy reaksiya energiyasini elektr energiyaga aylantirib beruvchi sistema **elektrokimyoviy zanjir** yoki **galvanik element** deyiladi.

Amaliyotda ishlatib kelinayotgan elektrokimyoviy zanjirga misol qilib mis va rux qaytar elektrodlardan iborat **Yakobi-Daniel elementini** keltirish mumkin. Mis elektrodi mis tuzining eritmasiga, rux elektrodi rux tuzining eritmasiga tushiriladi. Bu eritmalar g'ovak to'siq (membrana) yordamida yoki elektrolitik ko'prik yordamida ulanadi. Elektrolitik ko'prik sifatida ionlarning harakat-chanligi yaqin bo'lgan KCl , KNO_3 , NH_4NO_3 larning to'yingan eritmaları ishlatiladi. Bunday zanjir elektrokimyoda quyidagicha ifodalanadi:



Bu belgilashda ikkita vertikal chiziqlar Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini tutgan eritmalar o'rtasida kontakt borligini ko'rsatadi.

Mis va rux plastinkalari orasiga sulfat kislota shimdirilgan material joylashtirib tuzilgan Voltaning galvanik elementi qaytmasdir, unda quyidagi elektrod jarayonlari boradi: $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$; $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ va yig'indi ravishda $Zn^0 + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$ reaksiyani tashkil qiladi.

Yakobi-Danielning elektrokimyoviy zanjiri ikkita qaytar elektrodlardan tashkil topgan bo'lib, qaytar galvanik elementga misol bo'la oladi. Tashqi zanjir orqali ulanmagan galvanik elementda muvozanat holat bo'lmaydi, lekin shunday holat uzoq muddatgacha saqlanib turishi mumkin. Elektrodlar metall o'tkazgich yordamida ulangan ondayoq bunday tormozlangan holat buziladi. Tashqi zanjirda, ya'ni metall o'tkazgichda elektronlarning harakati kuzatiladi va bunday harakatlar bilan bir vaqtning o'zida elektrodning birida oksidlanish (manfiy qutb – katod) $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ ikkinchisida qaytarilish (musbat qutb – anod) $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ reaksiyalari boradi. Ikkala elektrod jarayonlarining natijaviy reaksiyasini quyidagicha yozish mumkin: $Zn^0 + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu^0$. Bu reaksiyalar termodinamik nuqtai nazardan qaytmas bo'ladi va muvozanat holat vujudga kelishi bilan to'xtaydi. Ushbu oksidlanish-qaytarilish jarayoni galvanik elementdan tashqarida ham borishi mumkin, unda reaksiyada issiqlik energiya-sining chiqishi kuzatiladi. Galvanik elementda esa ruxning mis ionlari bilan oksidlanish reaksiyasi elektr energiyasining hosil bo'lishiga olib keladi. Shunday qilib,

bunday galvanik elementlarda (kimyoviy zanjirlar deb ham ataladi) kimyoviy reaksiyaning energiyasi elektr energiyasiga aylanadi. Galvanik elementning elektr energiyasi hosil bo'lishida asosiy rolni metall-eritma chegarasi o'ynashi ko'rinib turibdi. Bu fikr birinchi bor 1837-yili De Lya Riv tomonidan aytilgan, u galvanik elementning kimyoviy nazariya-sini taklif qilgan. Ushbu nazariya Nernst va Ostvaldlar tomonidan XIX asrning oxirida asoslangan. Ammo bu nazariyada ikki metall chegarasida kontakt natijasida hosil bo'ladigan potentsiallar farqi hisobga olinmagan.

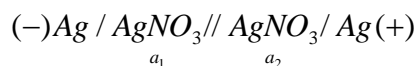
Yakobi-Daniel elementida *Zn* eritmaga nisbatan manfiy, *Cu* esa musbat zaryadlanadi. Agar elektrodni metall o'tkazgich bilan ulasak, elektronlar *Zn* dan *Cu* ga oqa boshlaydi, bunda metallarning eritmaga nisbatan zaryadi yo'qoladi va ionlarni elektrodlar yonida ushlab turgan kuchlar ham yo'qolib, ionlar issiqlik harakati natijasida eritmada tekis taqsimlanadi, ya'ni qo'sh elektr qavat buziladi. Buning natijasida *Zn* ning oksidlanishi (ionlar ko'rinishida eritmaga o'tishi) va *Cu* ning qaytarilishi (mis ionlarining eritmada metall sirtiga ajralib chiqishi) boshlanadi. Demak, elementda tashqi zanjirdan doimiy elektr toki oqimini ta'minlab turuvchi jarayonlar boradi.

Elektrodlarni ulab turgan o'tkazgichning qarshiligi qanchalik katta bo'lsa, reaksiya shunchalik sekin boradi, ya'ni qaytar bo'ladi. Shuning uchun, elektrodni cheksiz qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgich bilan uladik deb faraz qilsak, reaksiya cheksiz sekin boradi va har bir daqiqada elektrodlar bilan eritmalar o'rtasida muvozanat mavjud desak bo'ladi. Bunday reaksiyalar kvaziqaytar reaksiyalardir. Termodinamik jihatdan qaytar bo'lgan jarayonlarda maksimal elektr ishi bajariladi. Bunday sharoitlarda o'lgangan ikki elektrod orasidagi potentsiallar farqi galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi deyiladi $E_{max} = \pi_{Cu} - \pi_{Zn}$.

Konsentratsion zanjirlar

Ma'lumki, metall elektrodning potentsiali uni eritmada ionlarining konsentratsiyasi (aktivligi) ortib borishi bilan ortadi. Shu sababli, ikkita bir xil metall elektrodni ushbu metallar tuzlarining turli konsentratsiyali eritmalariga tushirilgan bo'lsa, ular turli potentsiallarga ega bo'ladilar. Agar ular tashqi qarshilik orqali ulansa, zanjirda elektr toki oqa boshlaydi. Bunday zanjirlarni ionlar **tashib o'tuvchi**

konsentratsion elementlar deyiladi. Ularning ishlash mexanizmini kumush konsentratsion elementi



misolida ko‘rib chiqamiz. Avvalambor, konsentratsion elementlarda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining manbai bo‘lib nima xizmat qilishini aniqlash kerak. Agar kimyoviy zanjirlarda elektr energiyasining manbai elementda borayotgan kimyoviy reaksiya bo‘lsa, konsentratsion elementlarda kimyoviy jarayonlarning borishi mumkin emas, chunki elektrodlar bir xil metallardan iborat. Elektr energiyasini keltirib chiqaruvchi jarayonning tabiatini aniqlash uchun ishlab turgan konsentratsion elementdagi o‘zgarishlarni kuzatamiz: konsentratsiyasi kamroq eritmaga tushirilgan elektrod-ning massasi kamayadi, eritmaning konsentratsiyasi esa sekin-asta ortib boradi. Konsentratsiyasi yuqori eritmada elektrodga teskari jarayon boradi, natijada, eritmaning konsentratsiyasi kamayadi. Shunday qilib, bunday elementlarda elektr energiyasining manbai bo‘lib eritmalar konsentratsiyalarining tenglashuv jarayoni xizmat qiladi. Shuning uchun ham ular konsentratsion elementlar deb ataladi. Nernst bo‘yicha elektrodning potentsiallari

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \pi_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_1; \\ \pi_2 &= \pi_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_2 \end{aligned} \quad (32)$$

Agar $a_1 < a_2$ bo‘lsa, unda $\pi_1 < \pi_2$ bo‘ladi. Demak, konsentratsion zanjirda birinchi elektrod katod vazifasini bajaradi va $Ag \rightarrow Ag^+ + e$ elektrokimyoviy reaksiya natijasida elektrod manfiy zaryadlanadi. Ikkinchi elektrodga qarama-qarshi jarayon boradi $Ag^+ + e \rightarrow Ag$ va kumush ioni qaytariladi. Natijada, ikkinchi elektrod atrofida ortiqcha anionlar qoladi, ular birinchi elektrodga o‘ta boshlaydi. Mana shunday elektrod jarayonlar natijasida eritmalar konsentra-tsiyalarining tenglashuvi kuzatiladi. Konsentratsion elementlarning ishlash mexanizmi shundaydir. Suyultirilgan eritmada elektrod doimo manfiy zaryadlanadi, konsentratsiyasi yuqori eritmada elektrod doimo

musbat zaryadlanadi. Anionlarga nisbatan qaytar bo‘lgan ikkinchi tur elektrodlardan iborat konsentratsion zanjirlarda elektrod potentsiallarining ishorasi teskari bo‘ladi.

Konsentratsion elementlarning *EYuK* boshqa zanjirlardagi kabi elektrod potentsiallarining algebraik yig‘indisiga teng:

$$E = \pi_a - \pi_k = \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_2}{a_1} \quad (33)$$

yoki yetarli darajada suyultirilgan eritmalar uchun ($a \approx C$)

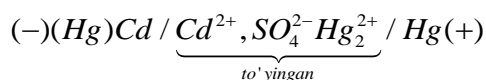
$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_2}{C_1} \quad (34)$$

tenglamani yozishimiz mumkin.

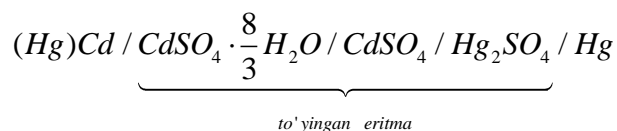
Shuni ta’kidlab o‘tishimiz kerakki, yuqorida keltirilgan (33) tenglama tajriba natijalari bilan to‘la kelishmaydi, chunki uni keltirib chiqarayotganda turli konsentratsiyali eritmalar chegarasidagi potentsiallar sakrashi hisobga olinmagan, u esa elementning *EYuK* ga ta’sir ko‘rsatadi. Diffuzion potentsial deb ataluvchi bu potentsial eritmalar chegarasi orqali ionlarning diffuziyalanishi oqibatida paydo bo‘ladi, u nomuvozanat jarayondir. Diffuzion potentsial bir necha o‘n millivoltlardan oshmaydi. Shunga qaramas-dan turli hisoblashlarda uni e’tiborga olish kerak. Yuqorida aytganimizdek, diffuzion potentsial kimyoviy zanjirlarda ham paydo bo‘ladi. Shuning uchun konsentratsion yoki kimyoviy zanjirlarning *EYuK* ni aniqlayotganda diffuzion potentsialni iloji boricha kamaytirish choralari ko‘riladi. Diffuzion potentsial paydo bo‘luvchi galvanik elementlar **ionlarni tashib o‘tuvchi zanjirlar** deb ataladi. Ikkita o‘zaro aralashmaydigan erituvchilardagi elektrolit eritmaları chegarasida suyuqlik potentsiali ham paydo bo‘ladi. Diffuzion potentsialdan farqli suyuqlik potentsiali muvozanatdir: agar eritmaların konsentratsiyalari tenglashganda, diffuzion potentsialning yo‘qolishi kuzatilsa, elektrolit o‘zaro aralashmaydigan erituv-chilarda teng taqsimlangan holatda ham suyuqlik potentsiali yo‘qolib ketmaydi.

Turli konsentratsiyali eritmalar o‘rtasida chegarasiz bo‘lma-gan konsentratsion zanjirlar ionlar tashib o‘tilmaydigan konsentrat-sion elementlar deyiladi. Bunday zanjirlar aniq o‘lchovlar o‘tkazish uchun qulay bo‘lib, ularda diffuzion potentsial to‘liq yo‘qoladi. Ionlar tashib o‘tilmaydigan konsentratsion elementda elektrodlardan biri ushbu elektrolitning kationlariga nisbatan qaytar, ikkinchisi esa anionlarga nisbatan

cheksiz kichik bo'lganda) o'lchanishi kerak. Bu sharoitda galvanik element bilan akkumulyatorning yoki yordamchi batareyaning (*EYuK* galvanik elementnikidan katta bo'lishi kerak) bir xil qutblari ulanadi va shu tufayli galvanik elementda hosil bo'layotgan elektr toki akkumulyatorning qarama-qarshi yo'nalgan toki bilan kompensat-siyalanadi. Galvanik elementning *EYuK* ni kompensatsiya usuli bilan aniqlashda Vestonning normal elementi qo'llaniladi. Bu elementning *EYuK* o'zgarmas qiymatga ega bo'lganligi sababli, xalqaro etalon sifatida qabul qilingan. Veston elementida katod vazifasini (manfiy qutb) kadmiyning to'yingan amalgamasi (tarkibida 12,5% *Cd* tutgan), anod vazifasini (musbat qutb) sirtiga Hg_2SO_4 va *Hg* larning aralashmasidan iborat pasta bilan qoplangan toza simob bajaradi. Elektrolit vazifasini $CdSO_4 \cdot \frac{8}{3}H_2O$ ning ortiqcha miqdordagi kristallari bo'lgan $CdSO_4$ ning to'yingan eritmasi bajaradi (eritma Hg_2SO_4 ga nisbatan ham to'yingan bo'ladi). Kadmiyli elementning zanjiri quyidagicha yoziladi:



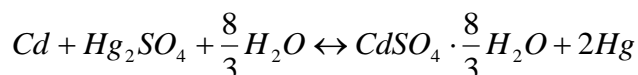
yoki to'liq ko'rinishda



Veston elementida quyidagi reaksiya boradi va bu reaksiya muvozanat holatiga javob beradi:



yoki to'liq holda reaksiyani quyidagicha yozish mumkin:



Veston elementining 20 °C dagi *EYuK* $E_e = 1,0180$ V ga teng.

Ushbu element *EYuK* ning haroratga bog'liqligini $E_N = 1,0180 - 4,06 \cdot 10^{-5}(t - 20)$ tenglama orqali ifodalash mumkin, bu yerda $t - ^\circ C$ lardagi harorat. Veston elementi tashish sodir bo'lmay-digan elementga misol bo'ladi.

Galvanik element termodinamikasi

Yuqorida ta’kidlaganimizdek, termodinamik jihatdan qaytar bo‘lgan jarayonlarda (kvaziqaytar reaksiyalarda) maksimal elektr ishi bajariladi. Bunday sharoitlarda o‘lchangan ikki elektrod orasi-dagi potentsiallar farqi maksimal qiymatga ega bo‘ladi va u **galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi (EYuK)** deyiladi. Galvanik elementning bajargan elektr ishi $EYuK$ ni tashib o‘tilgan zaryad miqdoriga ko‘paytmasiga teng:

$$A = zFE \quad (35)$$

Agar reaksiya vaqtida z mol bir zaryadli ionlarning qaytarilishi yoki oksidlanishi sodir bo‘lsa, unda Faradey qonuni bo‘yicha zF Kulon zaryadi tashib o‘tiladi ($F=96493$ Kl). Faradey soni 1 g-ekv miqdordagi moddani elektrodda ajratib chiqish uchun talab qilingan elektr zaryadi.

Izobarik-izotermik qaytar jarayonda elektr ishi Gibbs energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi

$$A = -\Delta G \text{ va } \Delta G = -zFE \quad (36)$$

Gibbs-Gelmgols tenglamasidagi $\Delta G = \Delta H + T \left[\frac{d(\Delta G)}{dT} \right]$ Gibbs energiyasining o‘rniga (36) tenglamadagi qiymatni qo‘ysak va

$$\frac{d(\Delta G)}{dT} = -\Delta S \text{ yoki } zF \left(\frac{dE}{dT} \right) = \Delta S \quad (37)$$

ekanligini hisobga olsak:

$$-zFE = \Delta H - TzF \left(\frac{dE}{dT} \right) \text{ va } \Delta H = -zF \left(E - T \frac{dE}{dT} \right) \quad (38)$$

kelib chiqadi. dE/dT hosila $EYuK$ ning **harorat koeffitsiyenti** deyiladi. Galvanik elementning tabiatiga qarab dE/dT musbat yoki manfiy qiymatlarni qabul qilishi mumkin. (38) tenglama galvanik elementda borayotgan reaksiyaning issiqlik effektini hisoblash imkoniyatini beradi.

Galvanik elementning muvozanat konstantasi

Elektrod muvozanat eritmadagi ionlarning har qanday konsentratsiyasida (aktivligida) vujudga kelishi mumkin va bu muvozanat o‘zining potentsialiga ega bo‘ladi. Ikkita o‘z-o‘zicha muvozanat holatidagi elektrodlardan galvanik element hosil qilinadi, ya’ni muvozanatda bo‘lmagan sistema vujudga keladi. Buning sababi

metallardagi elektronlarning zichligi turlicha bo'lishidir, shuning uchun elektronlar tashqi zanjir orqali bir metallardan ikkinchisiga o'tishga intiladi, ichki zanjirda esa ionlarning tashilishi kuzatiladi. Jarayon sistemada muvozanat qaror topguncha davom etadi. Galvanik elementdagi termodinamik muvozanat konstantasi $\Delta G^0 = -RT \ln K_a$ va $\Delta G^0 = -zFE^0$ tenglamalardan foydalanib topiladi, bu yerda: E^0 – standart EYuK (hamma ionlarning o'rtacha aktivligi 1 ga teng bo'lganda):

$$\ln K_a = zFE^0 / RT \text{ va } \lg K_a = zFE^0 / 2,3RT \quad (39)$$

Yakobi-Daniel elementining EYuK 1,1 B ga teng. (39) tenglamaga binoan hisoblangan muvozanat konstantasi $K_a = 2 \cdot 10^{37}$ ga teng. Muvozanat konstantasining bunday katta qiymatni qabul qilishi jarayon kimyoviy qaytmas ekanligini ko'rsatadi: jarayon misning to'la qaytarilishigacha davom etadi; mis tuzi eritmasiga rux metalini tushirsak, eritmadagi barcha mis ionlari o'z-o'zidan metall holida ajralib chiqadi.

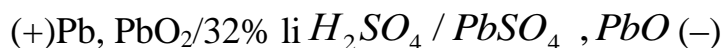
Akkumulyatorlar

Agar elektrokimyoviy elementga elektr toki yuborilsa, uning ichida kimyoviy o'zgarish yuz berib, elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi. So'ngra bu element elektrodleri sim bilan tutashtirilsa, yig'ilgan kimyoviy energiya hisobiga elektr energiyasi hosil bo'ladi, ya'ni kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanadi va element elektr toki beradi. Bunday elektrokimyoviy element **akkumulyator** deyiladi. Shunday qilib, akkumulyatorlar zaryadlan-ganda boradigan reaksiya bir-biriga qarama-qarshi kimyoviy reaksiyalardir.

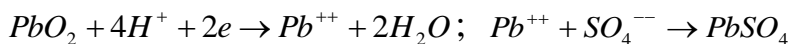
Umuman, prinsip jihatdan olganda, hamma qaytar galvanik elementlar akkumulyator bo'la olishi mumkin. Lekin ba'zi sabab-larga binoan, masalan, elektr sig'imi kichik bo'lishi, moddalar fizik holatining to'la qaytar bo'lmasligi, saqlab qo'yganda ba'zi kimyoviy va boshqa o'zgarishlar bo'lishi tufayli, qaytar galvanik elementlarning hammasi ham akkumulyator bo'la olmaydi.

Hozir amalda ikki xil – kislotali (qo'rg'oshinli) va ishqorli akkumulyatorlar ko'p tarqalgan. **Kislotali akkumulyator** ikki qo'rg'oshin elektrodan iborat. Bu elektrodning biri qo'rg'oshin (IV)-oksid bilan qoplangan bo'ladi. Elektrolit sifatida sulfat kislotaning 32% li eritmasi (zichligi taxminan 1,15) ishlatiladi. Sulfat kislotaga

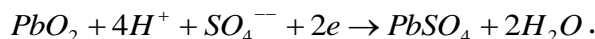
tushirilgan qo‘rg‘oshin plastinkalar $PbSO_4$ bilan qoplanadi. Natijada, quyidagi elektrokimyoviy zanjir vujudga keladi:



Akkumulyator ishlaganda, ya’ni elektr toki berganda, quyidagi jarayonlar boradi: musbat qutbda



Yoki umumiy ko‘rinishda



Demak, musbat elektrodda hosil bo‘lgan potensial:

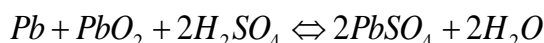
$$\pi_1 = \pi_0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{Pb^{2+}}}{a_{Pb^{4+}}}$$

bo‘ladi.

Manfiy qutbda: $Pb \rightarrow Pb^{++} + 2e$; $Pb^{++} + SO_4^{--} \rightarrow PbSO_4$ jarayonlari boradi yoki umumiy ko‘rinishda $Pb + SO_4^{--} \rightarrow PbSO_4 + 2e$. Demak, manfiy elektrodda hosil bo‘lgan potensial: $\pi_2 = \pi_0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{Pb^{2+}}$ bo‘ladi. Elektrodlardagi reaksiyalar bir-biriga qo‘shilsa, akkumulyatorida borgan umumiy reaksiya chiqadi.

Akkumulyator zaryadlanganda (undan elektr toki o‘tkazil-ganda), bu reaksiyaning aksi boradi. Shunday qilib:

zaryadsizlanganda \rightarrow



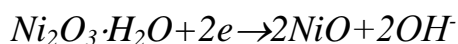
\leftarrow *zaryadlanganda*

Kislotali akkumulyatorning elektr yurituvchi kuchi $E = \pi_1 + \pi_2 = 2,02B$ bo‘ladi. Bu qiymatni yuqoridagi π_1 va π_2 ning tenglamalaridan hisoblab topish mumkin.

Ishqorli akkumulyator nikel oksid (musbat) va temir (manfiy) elektrodlardan iborat. Elektrolit sifatida o‘yuvchi kaliyning to‘yingan eritmasi ishlatiladi. Bu elementning zanjiri quyidagicha ifodalanadi:

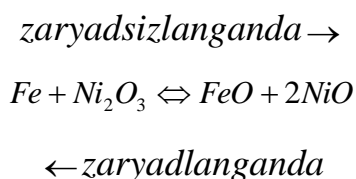


Akkumulyator zaryadsizlanganda quyidagi jarayonlar boradi:



Manfiy elektrodda: $Fe + 2OH^- \rightarrow FeO + H_2O + 2e$

Demak, umumiy reaksiya:



bo'ladi. Ishqorli akkumulyatorning elektr yurituvchi kuchi $1,35-1,33 B$ ga tengdir.

Elektrodlarning qutblanishi

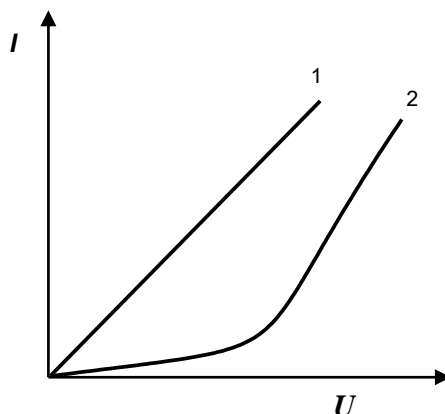
Elektrodlarning muvozanat holati elektroliz jarayonlarida buziladi. Elektrokimyoviy sistemalardan foydalanishning optimal sharoitlarini ishlab chiqish uchun ulardan tok o'tayotganda kuzatiladigan o'zgarishlarning tabiatini va mexanizmini bilish zarur. Elektr toki elektrodning sirtida ko'pgina omillarga bog'liq bo'lgan o'zgarishlarni keltirib chiqaradi. O'tayotgan elektr toki ta'sirida elektrodni elektr holatining, ya'ni uning potentsiali qo'sh elektr qavati zaryadi zichligining o'zgarishi **elektrodning qutblanishi** deyiladi. Elektrokimyoviy va konsentratsion qutblanishlar mavjud.

Elektroliz natijasida mahsulotlarning ajralib chiqishi galvanik zanjirning hosil bo'lishiga olib keladi, bu esa elektrokimyoviy qutblanishning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Masalan, $CuSO_4$ ning suvli eritmasini platina elektrodi yordamida elektrolizga uchratganda, katodda mis va anodda kislorod ajralib chiqadi. Bu esa birlamchi vannaning galvanik zanjirga $Cu/CuSO_4/(O_2)Pt$ aylanishiga olib keladi, uning *EYuK* elektrolizga qarshilik qiladi va elektrodning qutblanishiga olib keladi.

Elektroliz borishi jarayonida anod va katod sohalarida elektrolit konsentratsiyalarining turlicha bo'lib qolishi kuzatiladi. Elektrolit konsentratsiyalarining bunday o'zgarishi konsentratsion elementning hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Konsentratsion elementning *EYuKo'z* navbatida tashqaridan hosil qilinayotgan potentsiallar farqiga qarshi yo'nalgan bo'ladi va konsentratsion qutblanishni vujudga keltiradi.

Elektr toki ta'sirida moddalarning parchalanishi ma'lum sharoitlardagina amalga oshiriladi. Birinchi tur o'tkazgichlardan (metallar) farqli o'laroq, ikkinchi tur o'tkazgichlardan (elektrolit eritmalari) elektr tokining o'tishi va buning natijasida

moddalarning parchalanishi kuchlanish yetarli bo'lgandagina kuzatiladi. Bu esa Ohm qonuniga bo'ysunmaydi. Kuchlanish berilganda va u sekin-asta ko'paytirib borilganda kuchlanish ma'lum bir qiymatga yetmagun-cha zanjirdagi tok kuchi juda kichik bo'lib turadi va ma'lum kuchlanishda tok kuchining ortishi kuzatiladi va elektroliz boshlanadi (*IX.6-rasm*). Elektroliz natijasida qattiq moddalar yoki gazlar ajralib chiqqan holda tok kuchi, ayniqsa, keskin ortib ketadi. *IX.6-rasmda* tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi bog'liqlik 1-tur va 1- va 2-tur o'tkazgichlar uchun keltirilgan. Simob *KCl* eritmasida (*Hgo*'z ionlarini eritmaga deyarli bermaydi) qo'sh elektr qavat hosil qilmaydi. Ushbu elektrodga tashqi manbadan qandaydir zaryad uzatilganda elektrod qandaydir potensialni qabul qiladi va uning qiymati uzatilayotgan zaryadning miqdori o'zgarishi bilan uzluksiz o'zgarib turadi. Bunda elektrodning sirtida zaryad zichligi ham uzluksiz o'zgaradi, ammo hech qanday elektrokimyoviy jarayon kuzatilmaydi. Bunday elektrodlar **ideal qutblanuvchi elektrodlar** deyiladi. Shunday qilib, agar elektrokimyoviy jarayon kuzatilmasa, elektrolitdan o'tkazilgan elektr toki elektrodning zaryadlanishiga, ya'ni faqat fizikaviy zaryadlanish jarayoniga va ularning potentsiallarining o'zgarishiga olib keladi. Natijada, tashqi kuchlanishga qarshi bo'lgan *EYuK* paydo bo'ladi va tok to'xtaydi.



6-rasm. Birinchi tur o'tkazgichdan (1) hamda birinchi va ikkinchi tur o'tkazgichlardan iborat elektrodda (2) tok kuchining kuchlanishga bog'liqligi

Elektrodlarning qutblanishi elektrod jarayonlari borayotgan taqdirda ham kuzatiladi, lekin metall elektrodi o'z ionlarini eritmaga qanchalik oson bersa (metall ionlari eritma bilan qanchalik oson almasha), ya'ni almashinish toki qanchalik katta bo'lsa, qutblanish shuncha kichik bo'ladi.

Elektroliz boshlanishi uchun elektrodlar orasida hosil qilinishi kerak bo'lgan potentsiallar farqining minimal qiymati, elektrolitning parchalanish kuchlanishi deyiladi.

Parchalanish kuchlanishi bilan elektrodlardagi muvozanat (tok bo'lmagan holdagi) potentsiallarining yig'indisi orasidagi farq **o'ta kuchlanish** deyiladi: $\eta_0 = E_{parchalanish} - E$. O'ta kuchlanish elektrokimyoviy jarayonning tezligi nisbatan kichik bo'lishi oqibatida paydo bo'ladi.

Turli elektrolit eritmalarini elektrolizga uchratganda, jarayonning natijasi bir xil bo'ladi va ularning parchalanish potentsiali ham bir qiymatni qabul qiladi. Masalan, H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 , $NaOH$, KOH larning suvli eritmalarini elektrolizga uchratganda, oxirgi natija suvning parchalanishi bo'lib, katodda vodorod, anodda kislorod ajralib chiqadi. Bu elektrolitlarning parchalanish potentsiallari $1,70 B$ ga yaqindir. Lekin parchalanish potentsiali $Pt(H_2)/kislota/(O_2)Pt$ zanjirining E_{YuK} ga teng bo'lishi kerak edi. Ushbu zanjirga $1,07 B$ ga teng E_{YuK} to'g'ri keladi, parchalanish potentsialining topilgan qiymati undan $0,63 B$ ga ko'p. Boshqa hollarda ham, elektroliz olib borilayotganda teskari zanjirning E_{YuK} dan ko'proq potentsiallar farqi talab qilinadi. Ushbu hodisa **elektroliz borayotgandagi o'ta kuchlanish** deyiladi.

Har bir elektrodning alohida parchalanish potentsialini ham o'lchaydigan usullar mavjud (elementning parchalanish potentsialini tashkil qiluvchi potentsiallar). Bu tashkil qiluvchilar ajralish yoki **erish potentsiallari** deyiladi (elektroliz borayotganda elektrodda modda ajralib chiqishi yoki elektrodning erishi jarayonlariga bog'liq ravishda). Ajralish yoki erish potentsiali ushbu elektrodning galvanik elementdagi muvozanat jarayonidagi potentsialidan kichik bo'lishi mumkin emas. Yonlama jarayonlar bormasa, ushbu potentsiallar (elektrodning muvozanat potentsiali va ajralish potentsiali) o'zaro teng bo'lishi mumkin, ammo ko'p hollarda ajralish potentsiali biroz kattaroq bo'ladi. Bu hodisa elektrodlardagi o'ta kuchlanish deyiladi. Demak o'ta kuchlanish atamasi elektroliz jarayonining o'ziga (elektroliz jarayonining o'ta

kuchlanishi) va alohida elektrod jarayonlariga ham (elektrodlardagi oʻta kuchlanish) qoʻllanar ekan.

Oʻtilgan mavzu yuzasidan savollar:

1. Galvanik element. Daniel-Yakobi elementi.
2. Konsentrasyon zanjirlar.
3. Normal element nima?
4. Galvanik element termodinamikasi.
5. Galvanik element muvozanat konsentratsiyasi.

2.3. Elektrod jarayonlari kinetikasi. Diffuziyon va elektrokimyoviy oʻta kuchlanish.

Oddiy gomogen jarayonlardan farqli elektrokimyoviy reaksiyalar elektrod bilan eritmani ajratib turuvchi chegarada boʻladi, bunday reaksiya geterogendir. Elektrokimyoviy jarayonlar kinetikasi deganda, qutblanish tavsifi, yaʼni potentsiallar farqining tok zichligiga bogʻliqligi tushuniladi. Elektrokimyoviy kinetikaning maqsadi shundan iboratki, qutblanish tavsiflari boʻysunadigan umumiy qoidalarni oʻtganish va shu asosida elektrod jarayonlarini boshqarib turish. Har qanday elektrod jarayon uchta bosqichdan iborat boʻladi:

1. Taʼsirlashayotgan moddaning elektrod yaqiniga kelishi.
2. Elektronlarning uzatilishi yoki ionlarning fazalarni boʻlib turuvchi chegaradan oʻtishi bilan bogʻliq boʻlgan elektrokimyoviy bosqich.
3. Reaksiya natijasida hosil boʻlgan mahsulotni elektrod sirtidan uzoqlashtirish.

Birinchi va uchinchi bosqichlar bir xil qonuniyatlarga boʻysunadi va **massa tashish bosqichlari** deyiladi. Ikkinchi bosqich asosiy boʻlib, **zaryadsizlanish-ionlanish bosqichi** deyiladi.

Jarayonlarning umumiy tezligi yuqoridagi bosqichlarning eng sekin boradigani bilan belgilanadi. Eng kichik tezlikka ega boʻlgan bosqich **limitlovchi bosqich** deyiladi. Umumiy qutblanish ham limitlovchi bosqichning qutblanishi bilan belgilanadi. Elektrokimyoviy jarayonlarning tezligini boshqarish uchun limitlovchi bosqichning tezligini aniqlash zarur va shu bosqich qanday qonuniyatlarga boʻysunishini bilgan holda unga taʼsir oʻtkazish mumkin.

Agar hamma reagentlar uchun fazalarni ajratib turuvchi sirt bilan fazalarning ichidagi kimyoviy potentsiallarning farqi nolga intilsa, ya'ni fazalarni ajratib turuvchi sirtga reagentlarni keltirish katta tezlikda sodir bo'lsa, u holda fazalararo reaksiya eng sekin bosqich bo'ladi. Bunda reaksiya kinetik sohada borayapti deyiladi. Agar bu farq birgina komponent uchun maksimal qiymatga erishsa, statsionar jarayon diffuzion sohada boradi va eng sekin bosqich massa uzatish bosqichi bo'ladi. Shuning uchun kimyoviy jihatdan o'xshamagan ko'pgina jarayonlar bir xil diffuzion qonunlar bo'yicha boradi. Qolgan hollarda aralash sohada boruvchi geterogen jarayon haqida gapiriladi, bunda ikki yoki undan ko'proq bosqichlar jarayonning umumiy tezligini chegaralaydi.

Limitlovchi bosqichga bog'liq ravishda konsentratsion qutbla-nish va o'ta kuchlanish hodisalari sodir bo'ladi.

Konsentratsiyalarning farqi eritma ichidagi elektrodning sirti-ga elektrolitning diffuziya oqimini $j_{d.el.}$ keltirib chiqaradi va zaryad-larning tashilishi kuzatiladi. Geterogen kinetika tenglamasiga o'xshash quyidagi tenglama chiqadi: (38)

$$j_{d.el.} = nF \frac{D}{\delta} (C_0 - C_1) = nF \frac{D}{\delta} C_0 (1 - C_1 / C_0) = \beta_{el} C_0 (1 - C_1 / C_0)$$

Statsionar holatda zaryadsizlanish tokining zichligi zaryadsizlanayotgan ionlarning diffuzion oqimiga teng. Zaryadsizlanish-ionlanish tezligi

$$j = j_0 \{ [\exp(-zF\alpha_k \eta / RT)] - [\exp(zF\alpha_a \eta / RT)] \} \quad (39)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu tenglama **Frumkin-Folmer tenglamasi** deyiladi va zaryadsizlanish-ionlanish kinetikasining asosiy tenglamasi hisoblanadi. Agar o'ta kuchlanish $\pm 60 mB$ dan ko'p bo'lsa, (39) tenglama quyidagi

$$\vec{j} = j_0 [\exp(-zF\alpha_k \eta / RT)] \quad (40)$$

ko'rinishni oladi, $z=1$ uchun:

$$\eta = \frac{RT}{\alpha_k F} \ln j_0 + \frac{RT}{\alpha_k F} \ln j \quad (41) \quad \text{va}$$

$$\eta = a + b \lg j \quad (42)$$

yo'zish mumkin. (42) tenglama **Tafel tenglamasi** deyiladi.

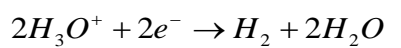
Turli elektrodlardagi elektrokimyoviy kinetika

Elektrokimyoviy reaksiyalarning kinetik qonuniyatlarini tadqiq qilish va ularning mexanizmini oʻrnatish uchun koʻpincha simob, galliy, ularning indiy bilan qotishmalari, talliy, metallarning amalgamalari va gallamlaridan iborat tomuvchi elektrodlar qoʻllaniladi. 1922-yilda birinchi bor elektro-kimyoviy tadqiqotlar uchun Y.Geyrovskiy tomonidan qoʻllangan simobli tomuvchi elektrod eng keng tarqaldi. Y.Geyrovskiy taklifi boʻyicha tomuvchi simob elektrodni tokining elektrodning potensialiga bogʻliqligi polyarogramma, tomuvchi elektrodlardagi qutblanish egrilarini oʻlchash usuli **polyarografik usul** deb ataldi.

Tomuvchi simob elektrodining elektrokimyoda va analitik kimyoda keng qoʻllanishining qator sabablari bor. Elektrod sirtining ideal holatda yangilanishi tomchilardagi tokning elektroliz vaqtiga bogʻliq boʻlmasligini taʼminlaydi. Elektrod potensialining oʻzgarish yoʻnalishidan qatʼi nazar polyarografik egri bir xil chiqadi.

Elektrokimyoviy jarayonlar kinetikasini oʻrganishda aylanuvchi diskli elektrod ham keng qoʻllaniladi. Aylanuvchi diskli elektrodan elektrokimyoviy reaksiyalarning eng sekin boruvchi bosqichi massa tashish yoki zaryadsizlanish-ionlanish bosqichlari boʻlganda foydalaniladi. Bunday shakldagi aylanuvchi elektrod bilan aralashtirish taʼsirlashayotgan moddalarni elektrod sirtiga yetkazib berish tezligini oshiradi. Shu sababli, tomuvchi simob elektrodiga nisbatan aylanuvchi diskli elektrodning muhim avzalligi bor, uning yordamida tezroq boradigan elektrokimyoviy reaksiya-larning tezliklarini oʻlchash mumkin. Bundan tashqari, aylanuvchi diskli elektrod qattiq metallarda boruvchi elektrokimyoviy reaksiyalarning kinetikasini oʻrganishga imkoniyat beradi, bu esa elektrokimyoning nazariy va amaliy masalalarini hal qilishda juda muhimdir.

Agar zaryadsizlanish-ionlanish bosqichining tezligi massa tashish tezligidan sezilarli darajada kichik, zaryadsizlanayotgan zarrachalarning konsentratsiyasi esa yetarli darajada katta boʻlsa, bunday turdagi elektrokimyoviy reaksiyalarni statsionar elektrod-larda (aralashtirishsiz) oʻrganish mumkin. Bunga simob, vismut, qoʻrgʻoshin yoki kadmiy elektrodlarida borayotgan gidroksoniy ionining qaytarilish reaksiyasi misol boʻlishi mumkin:



I.Tafel 1905-yilda o‘ta kuchlanish bilan tok kuchining logarifmi orasida to‘g‘ri chiziqli bog‘lanish borligini ushbu reaksiyada birinchi bor ko‘rsatib berdi.

Yuqorida tavsiflangan usullar va elektrodlar nisbatan kichik tezlikda boruvchi elektrod jarayonlari uchun zaryadsizlanish-ionlanish bosqichini o‘rganish imkoniyatini beradi. Tezroq boradi-gan elektrokimyoviy reaksiyalarni o‘rganish uchun relaksatsion usullar qo‘llaniladi. Relaksatsion usullar uch guruhga bo‘linadi: **impulsi potensiostatik; impulsi galvanostatik; o‘zgaruvchan tokdan foydalanishga asoslangan** usullar.

Birinchi guruh usullarida potensiallarning ma‘lum o‘zgarish-lari ta‘sirida sistemani muvozanat holatdan chiqariladi va tokning vaqtga bog‘liqligi kuzatib boriladi.

Ikkinchi guruh usullarida, aksincha, oldindan ma‘lum bo‘lgan tok ta‘sirida sistemaning muvozanati buziladi va potensialning vaqtga bog‘liqligi kuzatiladi.

Nihoyat, uchinchi guruh usullari sistemaning muvozanat holati atrofida davriy tebranishlariga asoslangan. Bu guruhga impedansni o‘lchash usullari kiradi. Impedans usullari sistemadan sinusoidal o‘zgaruvchan tok o‘tayotganda elektrokimyoviy sistemaning umumiy qarshiligini o‘lchab borishga asoslangan.

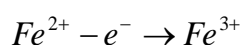
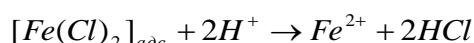
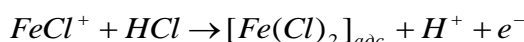
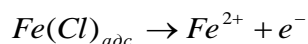
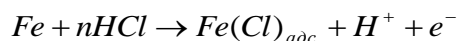
2.4.Metallar korroziyasi va ularning turlari. Kimyoviy korroziya, elektrokimyoviy korroziya mohiyati

Korroziya – metallarning tashqi muhit bilan kimyoviy, elektrokimyoviy va biokimyoviy o‘zaro ta‘siri natijasida yemirili-shidir. Bu jarayon kinetika qonunlariga muvofiq, o‘z-o‘zidan boradi va metall erkin energiyasining kamayishiga sabab bo‘ladi, natijada, termodinamik jihatdan barqaror birikmalar hosil bo‘ladi. Korroziya-ning quyidagi turlari kuzatiladi: kimyoviy korroziya, biokimyoviy yoki biokorroziya, elektrokimyoviy korroziya. Korroziya jarayoni-ning borish sharoitiga ko‘ra korroziyaning quyidagi turlari farqlanadi: atmosferaviy, suyuqlikda yoki elektrolitlarda, tuproqda yoki yer ostida, elektrokorroziya, tirqish korroziya, kuchlanish ostidagi korroziya.

Korroziya yemirilish xususiyatiga ko‘ra, ikki xil bo‘ladi: to‘liq (yoki umumiy) va qisman (yoki lokal). Amalda eng ko‘p uchray-digan lokal korroziya turlari quyidagilar: yarasimon, nuqtasimon (pitting), kristallitlararo korroziyalar va korroziyaviy sinish.

Ushbu korroziyalar metall qotishmasidagi bitta komponentni tanlaydigan korroziya, barcha kristallardan o'tadigan (transkristallit) korroziya, kristallarning chegarasidan o'tuvchi (interkristallit) korroziyalarga bo'linadi.

Metallar korroziyasi muhitga qarab turli xil mexanizmlarda boradi. Masalan, kislotali muhitda temirning korroziyasi:



bosqichlardan iborat. Temirning metallik xususiyatini yo'qotgan holati Fe^{3+} ko'rinishida bo'ladi.

Ideal toza metallar uchun korroziyaning kinetik nazariyasini 1932-yilda Frumkin taklif qilgan. Ushbu nazariyani Vagner, Traud, Kolotirkin, Skorchelletti va Grinlar rivojlantirgan.

Texnik metallar uchun ham korroziya nazariyasi taklif qilingan. Bu nazariyada korroziyalanuvchi texnik metallga galvanik mikroelementlarning majmuasi kabi qaraladi. Bunday texnik metallni lokal galvanik elementlarning ishlashi natijasida korroziya-ga uchraydi, desa bo'ladi. Bu fikrni 100 yil oldin De Lya Riv aytgan. Keyinchalik bu fikr mahalliy yoki lokal element-lar nazariyasini ishlab chiqishga asos bo'lgan. Lokal elementlar nazariyasiga binoan korroziya faqat elektrodning juftiga emas, balki muhitning omik (aktiv) qarshiligiga ham bog'liq.

Korroziya tezligini belgilovchi munosabatlarni korrozion diagrammalar orqali grafik ravishda $E = f(i)$ ko'rinishida ifodalash qulay. Tok kuchi nolga teng bo'lganda katod va anoddagi potensial-lar E_{kor}^a , E_{kor}^k larga teng bo'ladi. Qandaydir tok kuchi paydo bo'lsa, anodning potentsiali qutblanish hisobiga musbatroq tomonga, katodniki manfiyroq tomonga siljiydi. Bunda potentsiallar farqi qaytar potentsiallar farqidan kamroq bo'ladi. Tok kuchi ortib borishi bilan katod va anod potentsiallari orasidagi farq kamayib boradi. Ohirida nolga tenglashadi va tok kuchi i_{max} ga teng bo'ladi. Potensial

esa E_{kor} ga tengdir. i_{max} sistemaning qarshiligi nolga teng yoki juda kichik bo'lganda erishiladi. Aks holda, korroziya tezligi qandaydir I ga teng bo'ladi. Korroziya jarayonida anodning potentsiali katodning potentsialidan manfiyroq bo'ladi.

Korroziya tezligi anod va katod reaksiyalari potentsiallarining farqiga (qaytar potentsial), ularning qutblanishiga va muhitning omik qarshiligiga bog'liq bo'ladi.

Korroziya tezligini uchta ko'rsatkich orqali ifodalash qabul qilingan:

1. Ma'lum vaqt ichida bir birlik sirdan erigan metallning miqdori massa ko'rsatkichiga mos keladi: $g/m^2 \cdot soat$ yoki $mg/dm^2 \cdot sutka$.
2. Chuqurlik ko'rsatkichi korroziyaviy buzilish metallning ichki qismiga qanchalik tarqalganini tavsiflaydi: mm/yil .
3. Tok zichligi bilan ifodalanuvchi ko'rsatkich A/sm^2 , A/m^2 .

Korroziya tezligini mm/yil dan $g/m^2 \cdot sutka$ ga va teskarisiga aylantirish quyidagicha amalga oshiriladi (*Jadval*):

$$[(g/m^2 \cdot sutka) \cdot 0,00144] / (g/sm^3) = dyum/yil; dyum/yil = mm/yil.$$

1-jadval

Korroziya tezligining turli ifodalari

Metall yoki qotishma	Zichlik, g/sm^3	2,74-zichlik, $g/m^2 \cdot sutka$	0,365-zichlik, mm/yil
Temir	7,87	21,6	0,0464
Temir-kremniy (duriron)	7,00	19,2	0,0521

Metallar va metall konstruksiyalarni korroziyadan himoyala-nishining quyidagi usullari amalda keng qo'llaniladi:

1. Himoya qoplama hosil qilish.
2. Korroziyaviy muhitning faolligini kamaytirish (ingibirlash).
3. Metallning xossalarni o'zgartirish (qo'shimchalarni yo'qo-tish yoki qo'shimchalar qo'shish).
4. Elektrokimyoviy himoyalash.
5. Kimyoviy barqaror materiallardan foydalanish.

Yuqoridagi himoyalash usullaridan eng samarali, universal, qulay, arzon va ba'zan mumkin bo'lgan yagona usul – korroziyaviy faol muhitni ingibirlash usulidir.

Ingibitorlar – maxsus moddalar bo'lib, korroziyaviy muhitga oz miqdorda (10^{-6} - 10^{-3} mol/l) qo'shilganda, korroziyalanish jarayonining tezligini keskin pasaytiradi yoki butunlay to'xtatadi. Ingibitorlar sifatida turli individual organik va anorganik moddalar hamda ularning aralashmalari qo'llaniladi. Ingibitorlar atmosferaviy, kislotali muhitdagi, dengiz suvidagi, sovutgich suyuqliklardagi, oksidlovchilardagi, moylardagi va boshqa xil korroziyadan metallarni himoya qilishda ishlatiladi. Ingibitorlarning himoyalash xususiyati ularning metall sirtiga adsorbilanib, katod va anod jarayonlarni sekinlashtirishi bilan bog'liq. Metall sirtining eritmaga nisbatan musbat zaryadga ega bo'lishi, anion tipidagi ingibitorlarni, sirtning manfiy zaryadga ega bo'lishi esa, kation tipidagi ingibitorlarni adsorbilanishiga sabab bo'ladi.

Metallar korroziyasi ingibitorlari ta'sir qilish prinsipi, qo'llanish usuli, tarkibi va boshqa xossalariga ko'ra turlicha tasniflanadi:

1. Ta'sir qilish mexanizmiga ko'ra – anod, katod, ekranlovchi.
2. Tarkibiga ko'ra – organik va anorganik (passivatorlar).
3. Qo'llanish sharoitiga ko'ra – suyuq va bug' fazali.

O'z navbatida, ta'sir qilish prinsipiga ko'ra ingibitorlar 4 guruhga bo'linadi:

1. Baryer turidagi ingibitorlar:

a) adsorbilanish turidagi – katod, anod va aralash turdagi ingibitorlar (atsetilen spirtlari, aminlar);

b) oksidlovchi ingibitorlar – passivatorlar – metall sirtida oksid qobig'ini hosil qilib, korroziya potensialini past sohaga siljitadi (xromatlar, nitritlar);

d) sirt qavatni o'zgartiruvchi ingibitorlar – metall sirtida erimaydigan qoplamalar hosil qiladi (fosfatlar, silikatlar, ferro-sianidlar).

2. Neytrallovchi ingibitorlar – muhitning pH ini orttiradi (aminlar, soda, bura).

3. Tashuvchilar – muhitdan agressiv komponentlarni chiqarib yuborish uchun qo'llaniladi:

a) kislorodni chiqaruvchilar (Na_2SO_3);

b) parchalanish ingibitorlari – muhit destruksiyasi tezligini kamaytiradi (dioksan *HCl* hosil qiluvchi xloruglevodorodlar parchalanishini sekinlashtiradi).

4. Boshqa ingibitorlar (biosidlar, antikipinlar).

Metall buyumlarni ekspluatatsiya qilish sharoitiga ko‘ra ingibitorlar quyidagi asosiy guruhlarga bo‘linadi:

1. Atmosferaviy korroziya ingibitorlari.

2. Ikki fazali (uglevodorod-suv) sistemalar uchun ingibitorlar.

3. Neft mahsulotlari (moylar, yonilg‘ilar, sovutgich suyuqlik-lar) uchun ingibitorlar.

4. Neytral va tuz-suv sistemalari uchun ingibitorlar.

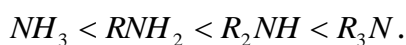
5. Ishqoriy muhit ingibitorlari.

6. Kislotali korroziya ingibitorlari.

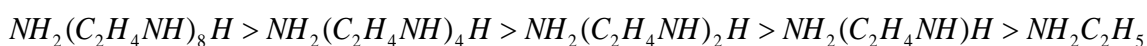
Ingibitorlarning aralashmasi ishlatilganda, o‘zaro kuchaytirish effekti sinergizm va o‘zaro susaytirish hodisasi **antagonizm** deyiladi.

Ingibitorlar himoyalash xususiyatlarining kimyoviy tuzilishga bog‘liqligi

“Ingibitorning tuzilishi – himoyalash xususiyatlari” ga bog‘ishlangan ko‘plab ilmiy ishlarda ingibitorlarning himoyalash xususiyatini moddalarning turli xossalari bog‘lab o‘rganishga harakat qilingan. Ingibitorlarning samaradorligi uglerod zanjirining uzunligiga, tarmoqlanganligiga, o‘rin olgan guruhlarning tabiatiga va soniga bog‘liq. Masalan, etil, propil, butil, pentil aminlar ingibirlash xossasiga ko‘ra quyidagi qatorga joylashadi:



Elektrokimyoviy reaksiya tezligini ingibirlashda aminlar quyidagi qatorga joylashadi:



Sis-aminlarning ingibitorlik xususiyati *trans*-aminlarga nisbatan kuchliroq ekanligi aniqlangan. Ingibitorlarning himoyalash xossalari ularning metall sirtiga adsorbilanishi bilan bog‘liq. Ko‘pgina tadqiqotchilar organik moddalarning turlicha adsorbilanishini adsorbilanish markazi bo‘lgan atomning elektron zichligini o‘zgartirishi bilan tushuntiradilar. Temir uchun ingibitor tarkibiga elektronodonor

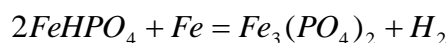
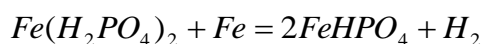
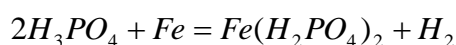
o‘rinbosarlar $-NH_2$, $-OH$, $-OCH_3$, $-CH_3$ ni kiritish azot atomidagi elektron zichligini kamaytirib, adsorbilanishning kamayishiga ham sabab bo‘ladi, natijada, himoyalash xususiyati ham pasayadi; elektronoakseptor guruhlar $-NO_2$, $-Br$, $-Cl$ esa, adsorbilanishni va himoyalash xususiyatini kuchaytiradi. Qo‘rg‘oshinning ishqoriy muhitdagi korroziyasini sekinlashtirish xususiyati bo‘yicha anion-ingibitorlar quyidagi qatorga joylashadi: $HPO_4^{2-} < CO_3^{2-} < SO_4^{2-} < CrO_4^{2-}$. Ingibitorlarning himoyalash xossalarini ular tuzilishiga bog‘liq ravishda o‘rganish yangi samarali ingibitorlar sintez qilishga imkon beradi.

Fosfatlash – qora va rangli metallar sirtida fosfat qoplamalar olish usulidir. Bu usul metallarning fosfat kislota va uning tuzlari eritmaları bilan ta’sirlashib, metallar sirtida suvda erimaydigan fosfat tuzlaridan iborat qoplamalar hosil qilishiga asoslangan. Fosfat qoplamalar olish uchun ishlatiladigan moddalar anod ingibitorlari qatoriga kiradi.

Fosfat qoplamalarning elektroizolyatsion xossalari yaxshi bo‘lganligi sababli, ulardan elektromashinalar qismlarini tayyorlash-da elektrotexnik va boshqa po‘latlar sirtida elektroizolyatsion qavat hosil qilishda foydalaniladi.

Har qanday o‘lcham va shakldagi buyumlarni fosfatlash mumkin, bunda harorat oralig‘i turlicha bo‘lgan fosfatlovchi eritmalar ishlatiladi, fosfatlash uchun ketgan vaqt esa qisqa bo‘ladi. Metall buyumlarni bo‘yashdan oldin fosfatlash bo‘yoqlarni po‘lat bilan mustahkam birikishini hamda sirtning turli defektlarida korroziyon yemirilishlarning kam bo‘lishini ta’minlaydi.

Fosfat qoplama hosil bo‘lishi vodorod chiqishi bilan boradi. Temir atomlari bosqichma-bosqich kislota tarkibidagi vodorod atomlari o‘rnini oladi:



Fosfatlash jarayoni quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

- a) metall sirtini tozalash;
- b) yuvish;
- d) fosfatlash zonasida fosfatlovchi modda bilan fosfatlash;
- e) suv bilan yuvish;

f) fosfonat yoki xromat eritmasi bilan yuvish;

g) quritish.

Fosfatlashning samaradorligini oshirish uchun jarayon bosqichlarini birlashtirish maqsadga muvofiq, masalan, tozalash, yuvish va fosfatlash bosqichlari bir vaqtda olib boriladi. Suyuq konsentrat *pHi* bir xil bo'lishi uchun fosfat kislotani *pHi* 3-10 bo'lgan organik aminlar bilan neytrallash mumkin, natijada, ammoniy fosfonat organik tuzining *pHi* 3,0-5,5 bo'lgan eritmasi hosil bo'ladi.

Qoplamalarning himoyalash xossasini kuchaytirish va metallga agressiv ta'sirni kamaytirish uchun fosfat kislotasi eritmasiga yuvuvchi, sirt-faol, oksidlovchi, qoplama hosil qiluvchi, ingibitorlovchi xususiyatiga ega turli moddalar qo'shiladi. Po'latni fosfatlash uchun tarkibida ortofosfat kislotasi, natriy pirofosfat, nikel nitrat va atsetilatseton bo'lgan fosfatlovchi aralashma taklif etilgan. Metall sirtlarini fosfatlash uchun qo'llaniladigan eritma fosfat, nitrat, xlorat, kalsiy, molibden, ishqoriy metall ionlari, yuvuvchi modda va suvdan iborat. Fosfat qoplamaning himoyalash xossasini oshirish va eritmaning barqarorligini ta'minlash uchun ortofosfat kislotasi, nitrat kislotasi va rux oksiddan iborat aralashmaga ammiak qo'shiladi. Qoldiqlar hosil bo'lishini kamaytirish uchun marganes nitrat, nikel fosfat va suvdan iborat aralashmaga propilenglikol qo'shiladi. Oxirgi yillarda sirt-faol modda qo'shilgan natriy digidrofosfat, gidroksilamin sulfat, natriy nitrobenzolsulfonat, gidroksilamin sulfat, natriy nitrobenzolsulfonat va boshqa moddalar tutgan fosfatlovchi aralashmalar ishlab chiqilgan. Fosfatlash jarayonini tezlatish uchun rux nitrat va magniy fosfatdan foydalanish taklif etilgan. Korroziya jarayoni faol boruvchi muhitda metallar korroziyasini ingibirlash uchun suvda eriydigan organik fosfonat va poligidroksialkil sulfonat tutgan *N*-almashgan amid polimeridan foydalanish mumkin. Metallarni korroziyadan asrash uchun molibdat, fitin kislotasi va suvda eriydigan fosfon kislotadan iborat aralashmadan foydalanish taklif etilgan. Hozirgi vaqtda sanoati rivojlangan mamlakatlarda yangi samarali fosfatlovchi aralashmalar va ingibitorlarni izlash va ishlab chiqarishga joriy qilish bo'yicha tadqiqotlar davom etmoqda.

Ingibitorlar samaradorligini elektrokimyoviy o'rganish

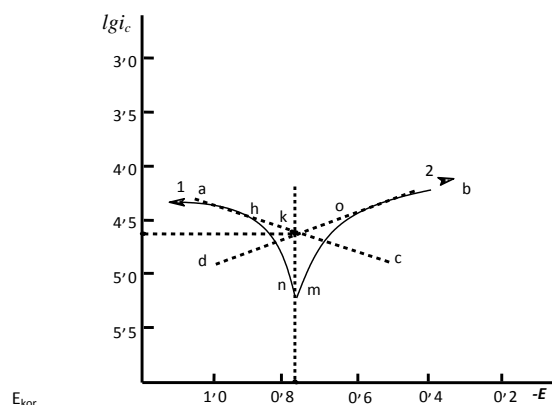
Eritmaga ingibitorning kiritilishi vodorod ionlarining katodda zaryadsizlanish tezligini sekinlashtirishga olib kelishi mumkin. Boshqa bir ingibitor kiritilsa, metallning anodda ionlanish bosqichi tormozlanishi mumkin. Ko‘pincha ingibitorning ta’siri korroziya jarayonining ikkala bosqichida ham kuzatiladi. Bu o‘zgarishlar qutblanish egrilarida namoyon bo‘ladi: ingibitorning samaradorligi qanchalik yuqori bo‘lsa, qutblanish egrilarining tikkaligi shunchalik ortib ketadi. $E = f(\lg i)$ bog‘lanishidan foydalanib, ingibitorsiz va ingibitor qo‘shilgan eritmalaridagi korroziya tezligini solishtirish asosida elektrokimyoviy (korroziyaviy tajribalarni o‘tkazmasdan) usulda ingibitorning samaradorligi topiladi:

$$\gamma = \frac{i_c}{i_c^0} \text{ va } Z = \frac{i_c - i_c^0}{i_c^0} \cdot 100$$

bu yerda: γ – tormozlash koeffitsiyenti yoki ingibitorlik effekti; i – korroziya toki; Z – ingibitorning samaradorlik (himoyalash) darajasi.

Ammo katod va anod bosqichlaridagi korroziya jarayoniga ingibitorning ta’sirini alohida o‘rganish katta ahamiyatga egadir. Buning uchun tajribaviy qutblanish egrilarini maxsus qayta ishlash zarur. Avval tajribalar xuddi yuqoridagidek o‘tkaziladi va qutblanish egrilari olinadi. Keyingi analiz uchun statsionar potensialga yaqin bo‘lgan qiymatlarga ahamiyatga ega bo‘ladi. Potensialni musbat tomonga $\Delta E = 0,005 B$ qiymatga surib, anod jarayonining tezligini grafikdan topamiz. $\Delta E = -0,005 B$ ni qabul qilib, katod jarayonining $E_{st.} = -0,005 B$ potensialga mos keluvchi tezligini aniqlaymiz. Shunday qilib, anod va katod jarayonlarining parsial tezliklari aniqlanadi. Bu tajribalar toza va ingibitor qo‘shilgan eritmalar uchun o‘tkaziladi va parsial elektrokimyoviy reaksiyalar uchun ikki juft qiymatlarga ega bo‘lamiz: i_a, i_a^0 va i_k, i_k^0 .

Anod va katod jarayonlari uchun olingan natijalarni birlashtirganimizda grafik.7-rasmdagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.



7-rasm. Potensialning korroziya tokiga bog‘liqligi

Bu grafikda (*ahn*) katod va (*bom*) anod qutblanish egrilaridir. Ulardan urinmalar o‘tkaziladi, shu urinmalar tutashgan nuqtadan E va lgi_o qlariga perpendikulyar to‘g‘ri chiziqlar o‘tkaziladi. Bu chiziqlar bizga E_{st} ga to‘g‘ri keluvchi lgi_c nuqtada kesishadi. *akc* va *bkd* to‘g‘ri chiziqlari vodorod ajralish tezligi va metall atomining ionlanish tezligiga to‘g‘ri keluvchi aniqlaydi. *k* nuqtasi esa statsionar potensialga mos keluvchi korroziya tokini beradi. Korroziya potentsiali E_{kor} ga to‘g‘ri keluvchi jarayonda tok kuchi ($i = i_a + i_k$) ga teng bo‘ladi.

O‘tilgan mavzular yuzasidan nazorat savollari

1. Elektrolitik dissotsiatsiyalanishning asosiy sabablari nimada?
2. Dissotsiatsiyalanishning qanday mexanizmlarini bilasiz?
3. Arrenius va Debay-Gyukkel nazariyalarini tushuntiring.
4. Elektrolit eritmalarining termodinamik xossalari qanday ifodalanadi?
5. Elektrolitning o‘rtacha aktivlik koeffitsiyenti nima?
6. Dissotsiatsiyalanish darajasi qanday usullarda aniqlanadi?
7. Kislota-asos nazariyalari haqida nimalarni bilasiz?

III.BOB. I-LABORATORIYA ISHI

KIMYO LABORATORIYASIDA ISHLASH QOIDALARI

Kimyo laboratoriyasida ishlash vaqtida quyidagi qoidalarga rioya qiling:

1. Har bir talaba laboratoriya mashg‘uloti oldidan, ma’ruza va darslikdan tegishli bo‘limlarni o‘qib chiqqan va laboratoriya ishining mazmuni bilan tanishgan bo‘llishi shart;

2. Talaba kimyo laboratoriyasida xalalda bo'lishi shart;
3. Tajriba borishini diqqat bilan kuzating va uning hamma tavsilotlarini bilib oling;
4. Laboratoriya ishiga tayyorgarlik ko'rish vaqtida biror narsa tushinarsiz bo'lsa, ishini boshlash oldidan uni o'qituvchidan so'rab bilish zarur;
5. Talaba tajribani o'zi uchun belgilangan ish o'rnida bajarmog'i lozim;
6. Tajribalarni qo'llanmada ko'rsatilgan tartibda bajarish kerak;
7. Tajriba o'tkazish uchun kerakli idishdan eritma olingandan so'ng, darrov uning og'zi berkitilib o'z joyiga qo'yilishi kerak.
8. Umumiy foydalanish uchun qo'yilgan reaktivlardan har kim o'zi foydalanayotgan shpatel yoki pipetka bilan olishi mumkin emas.
9. Ishlatilmay ortib qolgan reaktivni shu reaktiv olingan idishga qaytarib solmaslik kerak.
10. Tajriba uchun kerakli idishlar, reaktivlar va asboblarni yaroqli-yaroqsizligini tekshiring. Agar biror narsa yetishmasa uni laborantdan so'rab oling.
11. Tajriba o'tkazish uchun kerakli idishdan eritma olingandan so'ng, darrov uning og'zi berkitilib o'z joyiga qo'yib'shi kerak;
12. Umumiy foydalanish uchun qo'yilgan reaktivni o'z ish joyingizga olib ketmang;
13. Laboratoriyada reaktivlarni ta'mini tatib ko'rish mutiaqo mumkin emas, hidini esa uzoq masofadan qo'l bilan yelpib hidlanadi;
14. Quruq reaktivlarni chinni yoki metall qoshiqchalar, hamda shpatellar yordamida, suyuq reaktivlarni esa pipetka bilan olish va ishlatib bo'lgandan so'ng yaxshilab yuvib, tozalab joyiga qo'yish kerak;
15. Kislotalarni suyiltirishda suvni kislotaga emas, balki kislotani suvga quyish lozim, aks holda sachrab zarar yetkazishi mumkin;
16. Kislotalarning konsentrlangan eritmalarini to'kish, shisha sinig'i, qog'oz, gugurt va ishqoriy metallar qoldig'ini, hamda shunga o'xshash keraksiz narsalarni rakovinaga tushirmang. Ularni maxsus idishga soling;
17. Suyuqlik qizdirilayotgan probirka og'zini o'zingizdan va o'zingizga yaqin

turgan kishilardan chetga qaratib tutish kerak;

18. Reaktivlarni keragidan ortiq miqdorda sarflash yaramaydi;

19. Tajriba o'tkazish uchun kerakli idishdan eritma olingandan so'ng, darrov uning og'zi berkitilib o'z joyiga qo'yilishi kerak.

20. Issiq asbob yoki idishni hech qachon stol ustiga to'g'ridan-to'g'ri qo'yish yaramaydi. Buning uchun avval maxsus «taglik» tayyorlash lozim;

21. Mashg'ulot rejasida ko'rsatilmagan qo'shimcha tajriba o'tkazish ta'qiqlanganini yodingizdan chiqarmang;

22. Mashg'ulot tamom bo'lganidan keyin har bir talaba idishlarini yuvishi suv jo'mragini berkitishi, gaz, elektrni uchirishi va ish joyini tartibga solib laborantga topshirishi lozim.

LABORATORIYADA BIRINCHI YORDAM

1. Laboratoriyada ishlashda biror yeringizga: qo'lga, ko'zga yoki betga ishqor sachrasa, darhol ko'p miqdordagi suv bilan so'ngra esa quyidagi birikmalarning eritmalari bilan yuving.

a) sirka kislotaning (CH_3COOH) bir foizli eritmasi bilan yuvib, vazelin surkab bog'lang;

b) limon kislotaning ($C_6H_3O_7$) kuchsiz eritmasi bilan

v) borat kislota (H_3BO_3) ning kuchsiz eritmasi bilan yuving;

Qayd etilgan eritmalar bilan yuvilgandan so'ng vrachga murojaat qilish zarur.

2. Agar kislota sachrasa yoki to'kilsa, u holda juda ko'p miqdordagi suv bilan, so'ngra quyidagi eritmalar bilan yuvish kerak.

a) Sodaning (Na_2CO_3) 10% li eritmasi bilan yuving.

b) Natriy bikarbonatning ($NaHCO_3$) 3% li eritmasi bilan yuvib, so'ngra paxta moyi yoki kungaboqar moyi surtish lozim.

v) Ammiakning (NH_4OH) kuchsiz eritmasi bilan yuvish kerak.

3. Laboratoriyada ishlayotganda biror yeringiz kuyib qolsa, quyidagi ehtiyot choralarni ko'rish kerak.

a) $KMnO_4$ ning 2% li eritmasini marliga shimdirib kuygan yerga bosing.

b) Streptotsid emulsiyasini surting.

v) Spirt yoki paxta moyi shimdirib kuygan yerga bosing.

Yuqoridagi choralar ko'rilgandan so'ng vrachga murojaat qilish zarur.

4. Laboratoriyada ishlayotganda biror yeringizni kesib olsangiz, eng oldin kesilgan joydagi qonni yuving, so'ng:

a) $KMnO_4$ ning 2% li eritmasi bilan bog'lash kerak.

b) Yodning spirtli eritmasidan (3-5 % li) surtib bint bilan bog'lang.

5. Simob solingan idishlarni hamma vaqt kristalizatorga o'xshash maxsus idishlarda saqlash kerak. Agar biror yerga simob to'kilsa darhol oltingugurt kukunidan sepib, undan so'ng $FeCl_3$ eritmasi bilan yuvish kerak.

6. Teriga brom tegsa darhol benzin bilan artish va undan so'ng vrachga murojaat qilish kerak.

7. Ammiak hididan zaharlanganda darhol sirka kislota hidlash, so'ng sut ichish va limon shimish kerak.

8. Ichga yod ketganda darhol natriy tiosulfatning ($Na_2S_2O_3$) 1% li eritmasidan 100 ml ichish, yana 10 minutdan so'ng o'sha eritmada bir choy qoshiq ichish, so'ngra vrachga murojaat qilish kerak.

9. Xlor ta'sirida zaharlanganda ammiak yoki vino spirti eritilgan qaynoq suv bo'g'i bilan nafas oling.

10. Vodород sulfid ta'sirida zaharlanganda marlini xlorli suv bilan ho'llab nafasingizga tuting.

11. Sulfat anhidrid ta'sirida zaharlanganda ochiq havoga chiqing.

12. Azot oksidlari (NO , NO_2) va metan (CH_4) gazlaridan zaharlanganda darhol toza havoga chiqish, so'ngra vrachga murojaat qilish kerak.

13. Zaharli va badbo'y moddalar bilan qilinadigan tajribalarni mo'rili shkafda bajaring.

14. Idishlardagi gazni yaqin turib hidlamang. Gazni hidlash zarur bo'lsa, ehtiyot bo'lib havoni qo'lingiz bilan idish og'zidan o'zingizga tomon elpitib hidlang.

15.Reaktivlarni quyishda ular yuzingizga yoki kiyimingizga sachramasin uchun hech vaqt idishning teppasiga engashmang.

16.Gazning tozaligiga ishonch hosil qilganingizdan keyingina yoqing (nar qanday gazning havo bilan aralashmasi portlashi mumkin).

17.Issiq chinni kosacha, stakan yoki kolbani loklangan stol ustiga qo'ymang. Ularni chinni taglik ustiga qo'ying.

18.Yassi tubli kolba va yassi tubli stakanlarni ochiq olovda qizdirmang Bunday kolba va stakanlarni asbestlangan sim to'r ustiga qo'yib qizdiring.

19.Spirt lampani faqat yonib turgan gugurt cho'pi bilan yoqing. Yonib turgan spirt lampani ikkinchi spirt lampa piligiga tutmang.

20.Kimyolaboratoriyasidagi moddalarning mazasini totib ko'rish shuningdek kimyoviy idishlardan suv ichish ta'qiqlanadi.

21.Polga reaktiv to'kilsa, tezda uni artib tozalash kerak.

LABORATORIYADA ISHLATILADIGAN TOROZILAR VA ULAR BILAN ISHLASH QOIDALARI

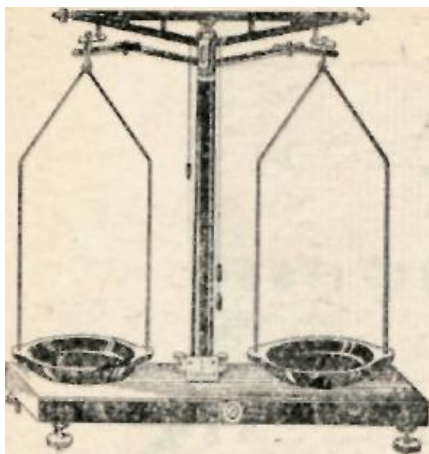
Tarozi kimyo laboratoriyasining zurrur asbobidir. Shuning uchun, laboratoriyada ishlovchi har bir kishi tarozini ishlata bilishi lozim.

Kimyo laboratoriyalarida, odatda, aniq tortish kerak bo'lmagan hollarda ishlatiladigan tarozilar (oddiy tarozilar), texno-kimyoviy va analitik tarozilar ishlatiladi.

Oddiy tarozilar 1-2 g ortiq yoki kami ahamiyatga ega bo'lmagan hollarda ishlatiladi.

Texno-kimyoviy tarozilar esa 0,01 g aniqlik bilan tortishga imkon beradi. Ular, ko'pincha sintez ishlarida, reaksiya uchun olingan va reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalarni tortishda ishlatiladi.

Analitik tarozilar esa aniq tortadigan tarozilar bo'lib, ular asosan anali? vaqtida ishlatiladi. Bo'l tarozilarda 0,0001-0,0002 g aniqlik bilan tortish mumkin.



Texno-kimyoviy tarozi



Analitik tarozi

Har qaysi tarozining o'z toshi bo'ladi. oddiy tarozilarda, odatdagi toshlar, texno-kimyoviy tarozilarda aniq toshlar, analitik tarozilarda analitik toshlar ishlatiladi. Texno-kimyoviy va analitik tarozilarda ishlatiladigan toshlar maxsus qutichalarga (g'iloflarga) solib qo'yiladi; ular mayda toshlar deyiladi. Odatdagi toshlar qo'l bilan olinadi; aniq va analitik toshlarni qo'l bilan olish ucbo'ln yaramaydi, aks holda ularning aniqligi buziladi. Shuning uchun mayda toshlar g'ilofi ichida pinset bo'ladi va tortish vaqtida toshlar ana shu pinset bilan qisib olinadi.

Oddiy tarozilar har qanday stolga qo'yilishi mumkin.

Biror narsani (masalan, reaktiv solingan idishni, asbobni va boshqalarni) tortish uchun, bu narsa tarozining chap pallasiga, tosh esa o'ng pallasiga qo'yiladi. Oldin katta toshlar, so'ngra kichikroq toshlar tarozi muvozanatga kelguncha qo'yib boriladi.

Sochilib ketadigan materiallarni tortishda ular tarozi pallasiga to'g'ridan-to'g'ri solinmay, og'irligi belgilab olingan yoki tarozi pallasiga qo'yib muvozanatga keltirilgan quti, kosacha yoki yashikchaga solib tortiladi.

Suyuqlikni tortishda ular tarozi pallasiga tomizilmasligi kerak. Kislotalarni tortishda ayniqsa juda ehtiyot bo'lish kerak.

Texno-kimyoviy tarozi stolga o'rnatilganda, uning o'qi vertikal vaziyatda turishi kerak. Agar tarozi o'qi vertikal bo'lmasa, oyoqchadagi vintlar buralib, uning o'qi vertikal holatda keltiriladi.

Texno-kimyoviy tarozida tortish, oddiy tarozida tortishga qaraganda murakkabroqdir. Texno-kimyoviy tarozida arretir degan moslama bo'lib, moslama

tarozi bo'sh turganda tarozi pallalarini ko'tarib turadi; bunda tarozi prizmalariga og'irlik tushmaydi. Tarozida tortish oldidan arretirni tushirish kerak. Buning uchun maxovikchadan foydalaniladi. Maxovikcha buralgan arretir pastga tushadi va tarozi pallalari shayindagi prizmalarda turuvchi ilgaklarga osilib qoladi.

Tarozida biror narsani tortishdan ilgari, tarozining to'g'ri ishlashini va to'g'ri natija berishini tekshirib ko'rish kerak. Buning uchun arretir tushiriladi va strelkaning shkala bo'ylab og'ishi kuzatiladi.

Agar tarozi o'rnatilgan va to'g'ri ishlayotgan bo'lsa, strelka shkalaning o'rtasidagi belgidan chap va o'ng tomonga baravar og'adi, bu hol tarozi pallalarining muvozanatda ekanligini ko'rsatadi.

Agar strelka biror tomonga ko'proq og'ayotgan bo'lsa, shayinning uchiga buralgan posangilardan birini yo o'ngga, yoki chapga burab, tarozini muvozanatga keltirish kerak.

Tarozi muvozanatga keltirilgandan so'ng tortishga kirishiladi: tortilishi kerak bo'lgan narsa tarozining chap pallasiga qo'yiladi, o'ng pallasiga esa toshlarning eng kattasi, so'ngra kichikrog'i va shu tartibda qo'yib boriladi. Toshlar tarozi arretirlab qo'yilgan holdagina qo'yilishi va olinishi kerak.

Tosh qo'yilganda so'ng arretir tushiriladi va tarozi strelkasining harakati kuzatiladi: agar tarozi pallalari muvozanatga kelmagan bo'lsa, yana tarozi arretirlanadi va navbatdagi tosh qo'yiladi, tarozi muvozanatga kelguncha shu tsh takrorlanadi.

Agar strelkaning chap va o'ng tomonga og'ishi bir xil bo'lsa, yoki bir darajagagina farq qilsa, tortilayotgan narsa va toshlar muvozanatga kelgan hisoblanadi.

Taroziga qo'yilgan toshlarning umumiy og'irligi qutichadagi bo'sh qolgan o'rinlarga qarab hisoblanadi va hisobning to'g'riligi toshlarni g'ilofga qaytarib qo'yishda tekshirib ko'riladi.

Sochilib ketuvchi materiallar texno-kimyoviy tarozida tortiladigan bo'lsa, ular oldindan lortib olingan stakanchaga yoki bir varaq qog'ozga solinadi (tarozining ikkinchi pallasiga ham shunday qog'oz qo'yiladi).

Tarozida tortish qoidalari

Texno-kimyoviy tarozida tortishda quyidagi qoidalarga qat'iy amal qilish kerak:

1. Texno-kimyoviy tarozi buziq bo'lsa, uni tuzatish o'z qo'lingizdan kelmasa, darhol

o'qituvchi yoki laborantga murojaat qiling.

2. Tarozi pallasiga issiq, xo'l va iflos narsalarni qo'ymang. Suyuqliklar bilan ishlayotganda ularni taroziga va toshlarga hech qachon tomizmang.

3. Tortiladigan moddani hech qachon to'g'ridan-to'g'ri tarozi pallasiga qo'ymang.

4. Tortiladigan moddani tarozining chap pallasiga, toshlarni esa o'ng pallasiga qo'ying.

5. Tortiladiga modda va toshlarni tarozi pallasining o'rtasiga qo'ying.

6. Toshlarni faqat pinset bilan oling va ularni tarozi pallasidan olgandan so'ng g'ilofdagi o'z joyiga qo'ying; toshlarni stolga qo'yish, yaramaydi, chunki ular iflos bo'lishi yoki yo'qolishi mumkin.

7. Moddalarni tortish vaqtida toshlarni boshqa g'ilofdan olmang. Agar narsani muvozanatga keltirish uchun biror tosh yetishmay qolsa, demak, tortish tartibiga rioya qilinmagan bo'ladi.

8. Bir laboratoriya ishida bar xil moddalar ketma-ket tortiladigan bo'lsa, bir tarozidan va bir g'ilofdagi toshlardan foydalanish kerak.

9. Tortib bo'lganingizdan keyin, tarozida hech narsa qoldirmang.

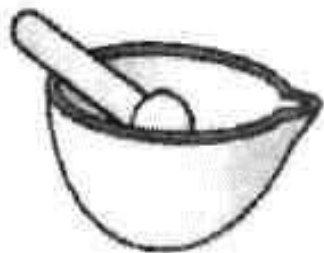
10. Ish tugallangandan so'ng, tarozi va toshlarni tekshiring hamda tarozini arretirlab qo'ying.

LABORATORIYADA ISHLATILADIGAN KIMYOVIY IDISHLAR VA ASBOBLAR

Turli kimyoviy tajribalarni bajarishda, maxsus qalin yoki yupqa shishadan yasalgan idishlar temperaturaning o'zgarishiga chidamli va ularda qizdirish bilan bog'liq bo'lgan turli kimyoviy jarayonlar bajariladi. Qalin shishadan yasalgan shishalarni qizdirish yaramaydi. Kimyo laboratoriyalarida ko'p ishlatiladigan idishlar qo'yidagilardir:

- ***Chinni idishlar;***

Chinni havoncha.



Chinni hovvoncha



Tigel

Chinni kosacha. Suyuqliklarni bug'lantirish, ayrim paytlarda qizdinladigan tajribalarni o'tkazish uchun ishlatiladi.

- ***O'lchov - shisha idishlar;***

Konussimon idishlar To'mchi sifat reaksiyatarini o'tkazish uchun o'tkaziladi 3-5- ml hajmga ega.

Oddiy probirka Hajmi 5cm^3 dan ortiq modda va eritmalar bilan tajribalar o'tkazish uchun xizmat qiladi.

Konussimon kolba;

Stakan;

Tomizgich pipetka Reaktivfi shisha idishga o'rnatilgan pipetkalar kabi eritmadan namuna olishda, eritmani sentrifugalangandan so'ng cho'kmadan ajratishda reaksiya vaqtida eritraalarni aralashtirib turishda, cho'kmalarni yuvishda va shu kabi ishlarda ishlatiladi. Shuning uchun ishlayotgan talabada bunday pipetkalar ortiqchasi bilan bo'lishi kcrak. Pipetkaning cho'zib uzaytirilgan uchi konussimon probirkaning tubiga yetib turadigan darajada uzun va ingichka bo'ladi.

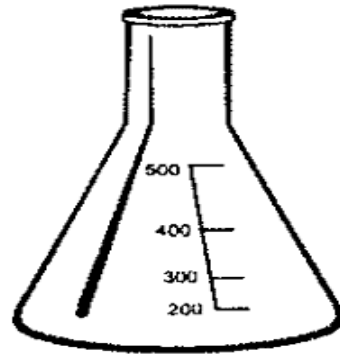
Byuretkalar. Suyuqliklarning hajmini aniq o'lchash uchun foydalaniladi.

O'lchov silindri. Unchalik aniqlik talab etilmaydigan ya'ni bir necha foiz xatolikka yo'l qo'yish mumkin bo'lganda suyuqliklarning hajmini o'lchash uchun foydalaniladi. Hajmi -10 ml dan 2 litrgacha.

O'lchov kolbalari. O'lchov kolbalarining bo'g'zi tor, og'zida odatda, jips berkitadigan probkalar bo'ladi. Aniq konsentratsiyali eritmalar tayyorlash uchun foydalaniladi. Kolbaning negizidagi aylana belgi suyuqlik qayergacha solinishi kerakligini ko'rsatadi.



Vyurs kolbasi



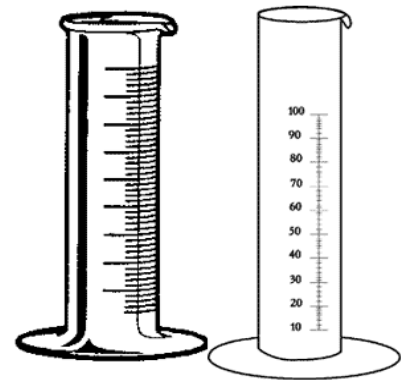
Konussimon kolba



Tubi yumaloq kolba



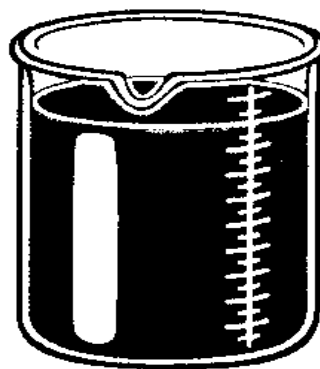
Varonka



O'lchov silindrlari



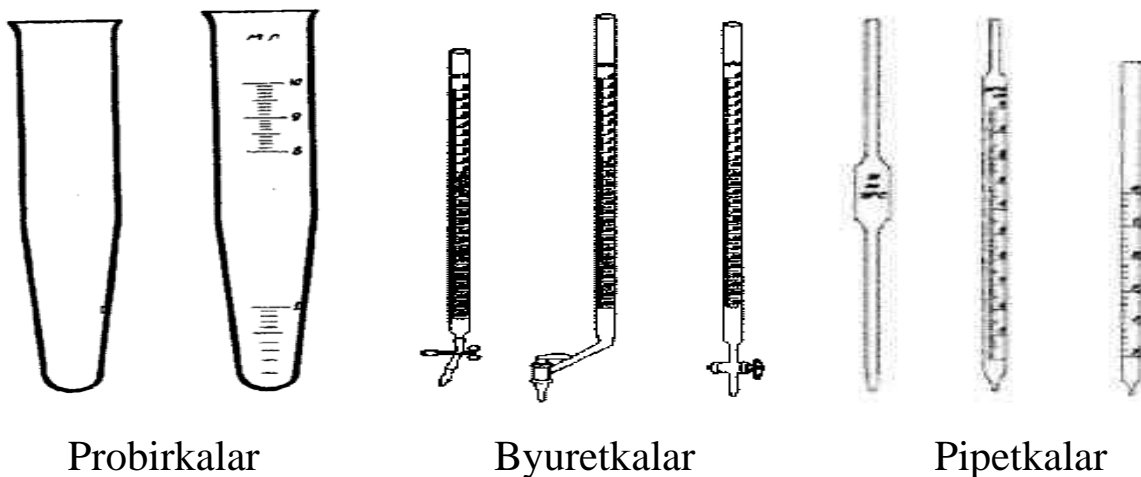
Eksikator



O'lchov stakani



Ajratkich varonka



Kolbaning keng qismiga yozilgan raqamlar uning millilitr bilan ifodalangan hajmini 0,01 ml aniqlikda ko'rsatadi. Ular, odatda 50, 100, 200, 500, va 1000 ml li bo'ladi. Eritma tayorlash uchun o'lchov kolbasi varonka yordamida aniq o'lchangan yoki tortilgan miqdorli modda solinadi, so'ng varonka distillangan suv bilan yuviladi. So'ngra kolba hajmining uchdan bir qisrnigacha distillangan suv quyiladi, yaxshilab aralashtirib, modda eritiladi. Undan so'ng pastki minus belgigacha yetguncha yana suv quyiladi va to'liq aralashtirish uchun probka bilan berkitilgan kolba 10-12 marta pastga —yuqoriga aylantiriladi.

O'lchov pipetkalar: a-darajalangan. b-oddiy. Aniq hajmli suyuqliklar olish uchun mo'ljallangan.

Bunzen kolbasi. Qalin devorli jo'mrakli konussimon kolba. Vakum hosil qilish ishlarida ishlatiladi.

Byuxner voronkasi.

To'rsimon plastinkali chinni voronka.

Kipp apparati.

Dreksel sklyankasi. Gazlarni tozalash va quritish uchun ishlatiladi.

Vyurts kolbasi. Gaz chiqarish nayi bor, tagi yumaloq kolba. Suyuqliklarni haydash yo'li bilan gazlar olish uchun ishlatiladi.

- **Jihozlar;**

Metatl shtativ. Asboblar yig'ishda probirka va kolbalarni qistirib qo'yish uchun xizmat qiladi.

Shpatellar . Quruq moddalarni olish uchun foydaniladi. Metall, shisha, chinni shpatellar bo'ladi.

Suv hammomi. Moddalarni 100 °C gacha qizdirish uchun ishlatiladi. Moddalarni probirkalarda qizdirish uchun metall stakan ko'rinishidagi va probirkalar qo'yish uchun aylana teshikli hammom ishlatiladi.

Probirka tutqich. Oddiy probirkalarda qizdirish bilan o'tkaziladigan tajribalarda qo'llaniladi. Probirka tutqichning orasiga joylashtiriladi va harakatlanuvchi qisqich bilan mahkamlanadi.

Yoqish uchun qoshiqcha.

Temir qoshiqcha uchun ingichka dastali (25-27sm), diametri taxminan 1,5 sm yarim shar ko'rinishiga ega.

- **Asboblar;**

Elektrosentrofuga. Cho'kmalarni eritmalardan ajratish uchun sentrofugalanadi. Sentrofugalash ajratiladigan aralashmani konussimon probirkaning 7-10 ml tubiga quyib sentrafugada tez aylantirish natijasida katta markazdan qochuvchi kuch ta'sirida cho'kma zarrachalarining cho'kish tezligi oshishga asoslangan.

Markazdan qochuvchi kuch cho'kma zarrachalarini konussimon probirka tubiga to'playdi, buning natijasida cho'kma probirkaning toraygan uchida zich qavat hosil qilib tez yig'iladi va eritma (sentrifugat) butunlay tiniq bo'lib qoladi.

Elektrosentrifuga qimmatbaho asbob, uni mohirlik bilan ehtiyotlab ishlatish kerak. Undan foydalanilganda bir-birining ro'parasiga qo'yiladigan eritmasi bor probirkalarning teng bo'lishiga ayniqsa e'tibor berish kerak. Agar gilzalardan birortasi bo'sh qolsa, unga sentrifuganing to'g'ri ishlashi uchun hajmi eritma hajmiga teng bo'lgan biror eritma yoki suv quyilgan probirka joylashtiriladi. Sentrifugani qopqog'i yopilgandan keyingina elektr tokini ulash mumkin. Tok ulangandan keyin reostat dastasi asta-sekin suriladi va taxminan bir minutdan keyin va o'z joyiga qaytariladi. So'ngra, sentrifuga to'xtagach, qopqoqni ochib probirka chiqarib olinadi.

Sentrifuga ishlayotganda odatdagidan boshracharor ovoz chiqarsa, kuchli titrash (vibratsiya) yoki uning qizib ketganligi sezilsa, ishni darhol to'xtatib asbob buziqligini rahbarga bildirish lozim.

Kimyoviy reaksiyalar tezligini o'rganish uchun asbob.

- a) Figurali probirka;
- b) Diametri figurali probirkaning ichki diametridan kichik to'g'ri probirka;
- v) probirkalar uchun chururchali maxsus taglik.

Vakuum ostida filtrlash uchun asbob.

Cho'kmalarni tez filtrlash va filtratdan to'la ajratish uchun vakum ostida filtrlash metodidan foydalaniladi. Filtrlash uchun tagi teshikchalardan iborat chinni voronkalar-Byuxner voronkasi probka bilan Bunzen kolbasiga o'rnatiladi. Byuxner voronkasining tubiga voronkaning diametridan kichik diametrli doira shaklidagi filtr qo'yiladi. Bunda voronka teshiklarining hammasi filtr bilan bekilishi kerak. Filtr voronka tubiga yopishib turishi uchun filtr bir necha tomchi suv bilan namlanadi so'ngra asbob suv nasosiga ulanib, filtr voronkaga yopishtiriladi. Filtrlashdan oldin kolbani nasosdan ajratiladi, voronkaga shisna tayoqcha yordamida suyuqlik quyiladi va kolba yana nasosga ulanadi.

Filtrlashda cho'kma voronkadan toshib ketmasligi kerak. Agar filtrat ko'payib ketsa, filtrlashni to'xtatib, kolbani bo'shatgandan so'nggina yana ish davom ettirish kerak. Filtrlashni to'xtatish uchun birdaniga suv nasosini to'xtatish kerak emas. Aks holda nasosdan suv kolbaga o'tib ketishi mumkin.



pH-metr

Bu asbob vodorod ionlarinig konsentrasiyasini o'lchashga mo'ljallangan. Asbob yordamida berilgan kimyoviy birikma yoki moddaning bir necha tomonlama

ko`rsatilgan ma'lumotlarini aniqlash mumkin. Buning uchun moddaning tarkibi, xossasi va qaysi moddalar guruhiga kirishini aniq bilish zarur. Buning natijasida tegishli moddaning muhiti aniqlanadi (ishqoriy yoki kislotali).

2-LABORATORIYA ISHI

ELEKTROKIMYOVIY ZANJIRLARNING ELEKTR YURITUVCHI KUCHINI O'LCHASH

Ishning maqsadi:

- Yakobi-Daniel elementining EYuK ni aniqlash;
- mis va rux elektrodlarining elektrod potentsiallarini aniqlash;
- bufer eritmaning vodorod kaysatkichini aniqlash.

Topshiriqlar:

1. Yakobi-Daniel elementining EYuK ni o'lchang;
2. Galvanik elementning muvozanat konstantasini isoblang;
3. Kalomel elektrodi yordamida mis va rux elektrodlarining potentsiallarini o'lchang;
4. Aktivlik koeffitsientlarini hisobga olib mis va rux elektrodleri potentsiallarini nazariy hisoblang;
5. Alohida o'lchangan va nazariy hisoblangan potentsiallardan Yakobi-Daniel elementining EYuK ni hisoblang va bevosita o'lchangan EYuK bilan solishtiring.
6. Bufer eritmaning pH ini potensiometr yordamida kompensatsiyalash usulida aniqlang va ionsektiv shisha membrana elektrodli pH-metrda o'lchang.

Usulning mohiyati: Galvanik elementning EYuK termodinamik kattalik bo'lganligi sababli uni zanjirda elektr toki yo'q bo'lganda o'lchash kerak. Amaliyotda muvozanat holatini sezilarli siljitmaydigan darajadagi kichik toklar bo'lgan sharoitlarda o'lchovlar o'tkaziladi. Kompensatsiyalash usulida bunday toklar galvanometr (nol asbob) ning sezgirligi bilan belgilanadi. Kompensatsiyalash nuqtasida tashqi kuchlanish galvanik elementning o'lchanayotgan kuchlanishini kompensatsiyalaydi va zanjirda tok bo'lmaydi.

NAZARIY QISM

Elektr yurituvchi kuch

Elektrokimyó aslida Galvanining qurbaqa ustida o‘tkazgan tajriba-laridan boshlangan: mis va temir metallari elektrodlar vazifasini bajarib, galvanik elementni hosil qilgan. Shu sababli, elektrofiziologiya va elektrokimyoning asoschisi bo‘lgan Galvanining nomi bilan ko‘p ilmiy atamalar nomlangan: galvanik element, galvanometr, galvanoplastika, galvanostegiya, galvanik tok va boshqalar.

Volta 1799 yilda elektr energiyaning birinchi kimyoviy manbaini yaratdi: turli metallar tutashgan chegarada potentsiallar farqi paydo bo‘ladi, buni voltapotensial deyiladi (Voltaning kontakt nazariyasi fanda uzoq vaqt xukm surgan). 1889 yilda Nernst galvanik element elektr yurituvchi kuchi (*EYuK*) ning “osmotik” nazariyasini yaratgan. Nernst nazariyasi Voltaning kontakt nazariyasini butunlay inkor etib, elektrod-eritma chegarasida potentsiallar sakrashi (galvanik potentsial) paydo bo‘lishining yagona sababi qo‘sh elektr qavatining hosil bo‘lishidir, deb tushuntirgan. Agar elektrod potentsialining paydo bo‘lishiga faqatgina elektrod-elektrolit chegarasidagi qo‘sh elektr qavat sababchi bo‘lganda, ayrim metallarning standart solishtirish elektrodiga nisbatan o‘lchangan “nol zaryadli potentsiali” nolga teng bo‘lishi kerak edi (“metallarning nol nuqtasi” deb ham ataladi). Frumkinning XX asrning 30-yillardagi izlanishlariga ko‘ra, nol zaryadga ega bo‘lgan metallarning potentsiallari ham nolga teng emas ekan. Demak, elektrod bilan elektrolit chegarasida umuman qo‘sh elektr qavat paydo bo‘lmagan taqdirda ham elektrodning potentsiali noldan farq qilishi Nernst nazariyasining noto‘g‘ri ekanligini ko‘rsatdi.

Metallar fizikasining rivojlanishi natijasida turli metallar tutashtirilganda potentsiallar farqi paydo bo‘lishi ko‘rsatildi. Kvant nazariyasiga binoan, potentsiallar farqiga metallardagi ozod elektronlar energiyalarining Fermi sathlari turlicha bo‘lganligi sabab bo‘ladi va metallar tutashtirilganda Fermi sathlari tenglashguncha elektronlar bir metallardan ikkinchisiga oqib o‘tadi.

Hozirgi zamon tushunchasiga binoan, elektrodning potentsiali ikki metall chegarasidagi volta-potensial va elektrod-eritma chegarasida qo‘sh elektr qavat hosil bo‘lishi bilan belgilanuvchi galvani-potentsiallarining yig‘indisiga tengdir.

Elektrod tushunchasi. Elektrod potentsialining paydo bo‘lishi

Zaryadlangan zarrachalar tutgan eritmaga tushirilgan metallni elektrod deb ataymiz. Bunday sistemada metall dan eritmaga kationlar o'tishi mumkin. Olib o'tilayotgan zarrachalarning solvatlanishi (gidratlanishi) ionlarning o'tishiga ko'maklashadi. Kationlarning eritmaga o'tishi natijasida metall manfiy zaryadlanadi, lekin elektrod – eritma sistemasi elektroneytral bo'lib qoladi. Elektrod sirti atrofida metall sirtidan 10^{-5} – 10^{-7} m gacha cho'zilgan qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi. Xuddi shunday qilib, eritmada kationlar ham metallga o'tishi mumkin, unda metall musbat zaryadlanadi, anionlar esa qo'sh qavatni hosil qiladi. Metallning sirtqi zaryadiga mos ravishda oriyentasiyalashgan suv molekulalari bevosita metall sirtiga tegib turadi (ushbu holatda metall sirti manfiy zaryadlangan). Metall sirtining bir qismini adsorbilangan va kam yoki butunlay gidratlanmagan anionlar egallaydi. Ularning adsorbilanishi maxsus (spesifik) deb ataladi, chunki u sirtning zaryadiga emas, balki kovalent bog'larning hosil bo'lishiga bog'liq bo'ladi; kontakt adsorbilanish deb ham ataladi, chunki degidratlangan anionlar metall sirtiga zich tegib turadi. 298 K haroratda simob sirtida Cl^- , Br^- , I^- va Cs^+ ionlarining adsorbilanishi, K^+ , Na^+ va F^- ionlarining adsorbilanmasligi aniqlangan. Bu suvning tuzilishi individual suvnikidan farq qiladi, shuning uchun ham zich qavatdagi suvni qayta tiklangan deyiladi. Eritmaning zichqavatdagi dielektrik singdiruvchanligi ϵ individual suvnikidan kichik bo'ladi.

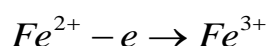
Zich qavatdan tashqarida, ya'ni diffuzion qavatda, zarrachalarning issiqlik energiyasi ularni elektrod maydoni bilan tartiblashtirish energiyasiga solishtiradigan holatga keladi. Buning natijasida zarrachalar tartibsiz taqsimlanadi, ularning konsentrasiyasi esa eritma hajmidagi konsentrasiyaga yaqinlashadi. Shuga mos ravishda ϵ ham ϵ_{H_2O} ga yaqinlashadi. Diffuzion qavat eritmaning ichiga tomon anchacho'zilgan, lekin uning λ masofadagi G_2 tekisligidan samarali qismni ajratish mumkin. λ ning uzunligi kuchli elektrolit eritmasidagi ionatmosferasi radiusining analogidir. Xuddi shu radius kabi, λ ham konsentrasiya bo'yicha olingankvadrat ildizga teskari proporsionaldir. Agar samarali diffuzion qavatdagi hamma zaryadlar λ masofadagi yupqa qavatga yig'ilsa, unda ular elektrod sirtidagi zaryadlarni neytrallaydi.

Maxsus adsorbilanish mavjud bo'lmaganda qo'sh qavatni yupqa kondensatorga o'xshatish mumkin. Bunda M metallning zaryadlangan sirti kondensatorning bitta qavati

bo‘lib xizmat qilsa, λ masofadagi samarali chegara sirt ikkinchi qavat bo‘ladi. Metall bilan eritma orasida potentsiallar sakrashi paydo bo‘ladi. Har qanday potentsiallar sakrashi o‘rnatilgan taqdirda ham elektrod va eritma orasida kationlar almashinishi kuzatiladi. Metalldan eritmaga qarab ionlarning oqimi ularning eritmadan metallga qarab oqimiga teng va elektronlarning eritmadan metallga va metalldan eritmaga bo‘lgan oqimlariga teng kuchlidir. Elektrodning bir birlik sirti uchun olingan bu oqimning kuchini almashinish tokideyiladi. Eritmaning o‘rtacha ion aktivligi birga teng bo‘lgandagi almashinish toki standart j_0 hisoblanadi. Turli sistemalarda $j_0 = 10^3 - 10^{-9} \text{ A/m}^2$ ga teng.

Elektrod potentsiali hosil bo‘lishining keltirilgan mexanizmi umumiy emas. Ayrim metallar (oltin, platina) shunchalik mahkam kristall panjaraga egaki, ulardan kationlar ajralib chiqolmaydi. Bu metallarda potentsiallar farqi paydo bo‘lmaydi. Ammo bunday metallarning sirtiga oksidlanish yoki qaytarilish qobiliyatiga ega bo‘lgan ko‘pchilik moddalar adsorbilanishi mumkin. Shuning uchun bu metallar yordamida eritmalar bilan muvozanatda bo‘lgan sistemalarni hosil qilish mumkin. Bu holda elektrodlar inert deyiladi, potentsial esa inert elektrodda adsorbilanadi va erigan modda orasidagi muvozanat bilan belgilanadi. Bunday elektrodda misol qilib eritmada vodород ionlari bilan muvozanatda bo‘lgan va vodород adsorbilangan platinalangan platinani olish mumkin. Bunda moddaning oksidlangan shakli eritmada, qaytarilgani esa, elektrodda bo‘ladi.

Moddaning ikkala shakli ham eritmada bo‘lishi mumkin, unda almashinish inert elektrod va ionlar orasida sodir bo‘ladi. Masalan, Fe^{3+} kationi platinadan bitta elektron tortib olishi va Fe^{2+} gacha qaytarilishi mumkin. Bunda platina musbat zaryadlanadi, eritmada esa ortiqcha anion hisobiga manfiy zaryad paydo bo‘ladi (masalan, $FeCl_3$ dan Cl), shuningdek keyingi elektronlarni tortib olishi borgan sari qiyinlashib boradi va nihoyat, musbat zaryadlangan elektrod va anionlar qavati orasida muvozanat o‘rnatiladi. Shunday qilib, $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$ kimyoviy reaksiyasi boradi. Shuningdek, unga qarama-qarshi reaksiya ham borishi mumkin:



Elementni ulaganda reaksiyaning u yoki bu yo‘nalishi bitta elektrodning tabiatiga emas, balki galvanik elementning ikkala elektrodiga bog‘liq. Elektrodni eritmadan chiqarib olish

eritmani boshlang'ich holatga qaytaradi. Qo'sh qavatdagi ionlarni, ko'pincha, potensial hosil qiluvchi ionlar deyiladi.

AMALIY QISM

Yakobi-Daniel elementining EYuK ni aniqlash tartibi o'quv qo'llanmada nazariy mashg'ulotlarga bag'ishlangan qismida batafsil bayon etilgan. Yakobi-Daniel elementining EYuK hisoblangandan so'ng galvanik elementdagi termodinamik muvozanat konstantasi hisoblanadi va jarayonning kimyoviy qaytar yoki qaytmasligi haqida fikr yuritiladi.

Alohida elektrodning potensialini aniqlash uchun solishtirish elektrodi (vodorod, kalomel, kumush xlorid yoki boshqa qutblanmaydigan standart elektrod) va o'rganilayotgan elektroddan iborat galvanik element tuziladi elektrodning potentsiali hisoblanadi.

Bufer eritmaning pH ini aniqlayotganda standart elektrodlardan iborat (xingidron va kalomel) zanjir tuziladi va ushbu galvanik elementning EYuK E_{taj} ылchanadi (1-jadval). So'ngra zanjir EYuK ning nazariy qiymati E_{naz} ni bilgan holda bufer eritmadagi vodorod ionlarining konsentratsiyasi hisoblanadi. Bufer eritmadagi vodorod ionlarining konsentratsiyasini tajribada pH_{taj} ham pH-metrdan foydalanib o'лchanadi va olingan natijalar solishtiriladi.

Elektrokimyoviy ish o'rnini tajribalarga tayyorlash

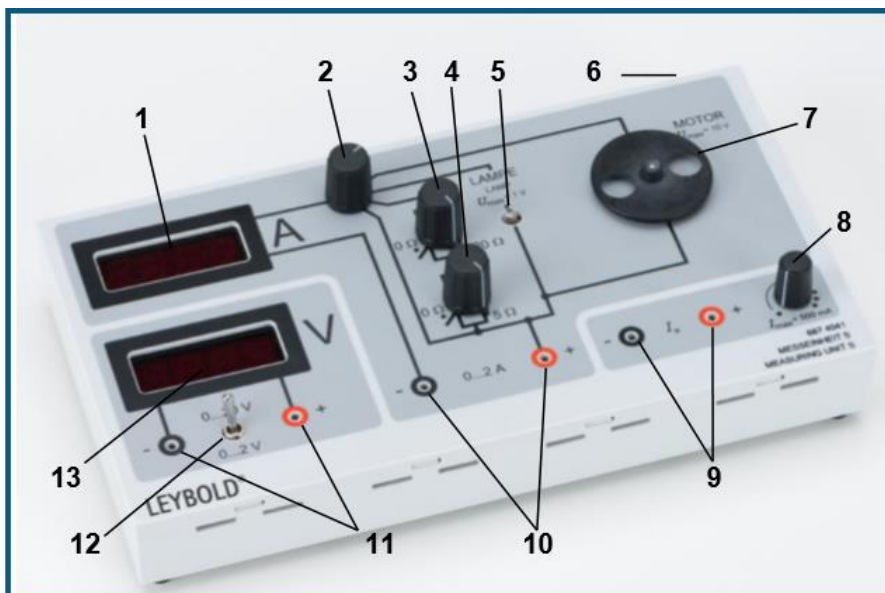
Elektrokimyoviy ish o'rnini Tajriba doskasi (1) ga S o'лchash qurilmasi qo'yiladi. Qog'oz diafragma (2) tajribadan oldin distillangan suv bilan namlanib, blok yacheyka (3) orasiga o'rnatiladi. Blok yacheyka 4 ta kameradan iborat bo'lib, har birining yon tomonida teshikcha bor va u ikkita yarim elementni o'zaro aloqada bo'lishini ta'minlaydi. Ag, Cu, Fe va Zn tajribadan avval jilvir qog'oz bilan yaxshilab tozalanadi. Magniy elektrod hosil qilish uchun magniy lentasi (7) plastik plastinkaga o'raladi va oksid qatlamdan tozalash uchun xlorid kislotaga botirib qo'yiladi. Vodorod elektrod hosil qilish uchun platina elektrod xlorid kislota eritmasiga tushirilib unga manfiy elektrod ulanadi. Bunda ajralib chiqayotgan vodorod platinaga yutiladi. Har bir kameraga 15 ml atrofida eritma quyiladi. Yarim elementlar filtr qog'ozli diafragmaning

har ikkala tomonida tekis suyuqlik bosimiga ega bo'lishi uchun juft kameralarga birgalikda eritmadan quyish kerak.



1 – **rasm.** Elektrokimyoviy ish o'rni

1. Tajriba doskasi
2. Qog'oz diafragma
3. Blok yacheyka
4. Elektrodlar va jilvir tayoqchani saqlash bo'lmalari
Cu, Zn, Fe, grafit, plastik plitalar
5. Maxsus elektrodni saqlash uchun idishlar Ag, Pt
6. Rezina uchli tomchilatish pipetkalari
7. Magniyli lenta



2 –rasm. Leybold o‘lchash qurilmasi

1. Raqamli ampermetr
2. Yo‘naltiruvchi murvat
3. Potensiometr 220Ω
4. Potensiometr 5Ω
5. Lampa, $U_{\max}=1V$
6. Tok manbaiga ulash uchun rozetka $12V, 1.6A$
7. Aylanadigan g‘ildirakli motor
8. Tok kuchini nazorat qiluvchi murvat
9. Tok manbai uchun rozetka
10. Tok kuchini o‘chash uchun rozetka
11. Kuchlanishni o‘lchash uchun rozetka
12. Kuchlanish dastagi ($2V/20V$)
13. Raqamli voltmetr

Yakobi-Daniel elementining EYuK ni aniqlash

Yakobi-Daniel elementi quyidagi sxemadan iborat:

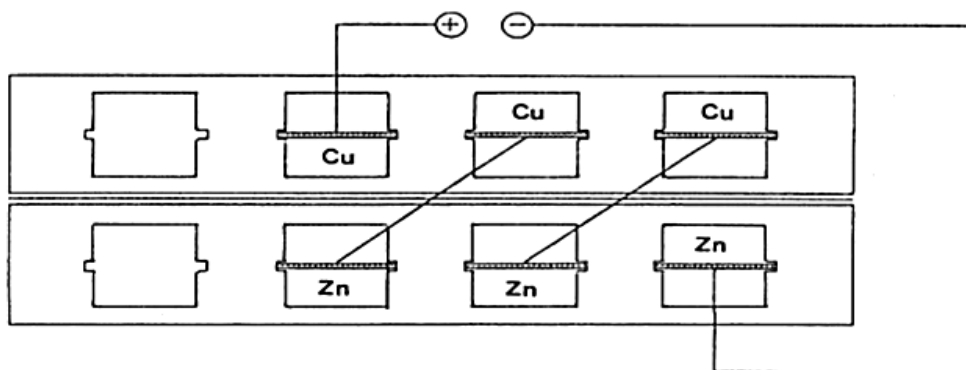


EYuK ni aniqlash uchun 50 ml dan 1 molyarli elektrolit eritmalarini tayyorlab oling. Blok yacheykani distillangan suv bilan yuvib oling. Qog‘oz diafragmani distillangan suv bilan namlab oling va uni blok yacheyka orasiga qo‘yib vintlar bilan

mahkamlang. Kameralarni elektrolit eritmasi bilan to'ldiring. Elektrolarni jilvir tayiqcha bilan yaxshilab tozalang. Mis elektrodni mis sulfat, rux elektrodni rux sulfat eritmasiga tushiring. Elektrolarni voltmetrga ulang. Mis elektrodni musbat, rux elektrodni manfiy qutbga ulang. O'lchash oralig'ini 0...2 V ga qo'ying.

Galvanik elementning tok kuchini o'lchash uchun elektrolarni (10) rozetkaga ulang. Qiymatlarni yozib oling. Yo'naltiruvchi murvatni yuqoriga o'ng holatga o'rnatib. Bunda aylanadigan g'ildirakli motorga ulanish hosil bo'ladi va g'ildirak aylana boshlaydi. O'tkazgichlarni teskari ulasak, g'ildirak teskari aylanadi.

Yuqorida ko'rsatilgan tartibda ketma-ket ulangan zanjirlarning umumiy EYuK ini ham o'lchash mumkin. Buning uchun rasmda ko'rsatilgandek ikki yoki uchta Yakobi-Danel elementini tayyorlaymiz:



Bunda ham dastlab kuchlanish qanday o'zgarganligini aniqlaymiz. Galvanik elementlar ketma-ket ulanganda umumiy kuchlanish barcha galvanik elementlar kuchlanishining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$U_{um}=U_1+U_2+U_3$$

So'ngra tok kuchini ham topamiz. Galvanik elementlar ketma-ket ulanganda tok kuchi o'zgarmaydi:

$$J=J_1=J_2=J_3$$

Yakobi-Daniel elementining nazariy qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta E=E^0(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) - E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+})$$

Yakobi-Daniel elementining EYuK qiymatini yozib oling va nazariy qiymat bilan taqqoslang.

1 jadval

Turli zanjirlarning elektr yurituvchi kuchini aniqlash

№	Zanjir	EYuK		Tok kuchi
		nazariy	amaliy	
1	1 ta ${}^{-}Zn/ZnSO_4//CuSO_4/Cu^{+}$			
2	2 ta ${}^{-}Zn/ZnSO_4//CuSO_4/Cu^{+}$			
3	3 ta ${}^{-}Zn/ZnSO_4//CuSO_4/Cu^{+}$			

Konsentratsion zanjirni yig'ish

Ushbu tajribada konsentratsion zanjir yig'iladi, ya'ni galvanik elementning yarim elementlari bir – biridan faqat elektrolitning konsentratsiyasi bilan farq qiladi. Elektrolit eritmalari konsentratsiyasi orasidagi farq qancha katta bo'lsa, kuchlanish ham shunchalik katta bo'ladi. Metall ionlari yuqori konsentratsiyali eritmada erkin metallgacha qaytariladi. Past konsentratsiyali eritmada metall oksidlanadi. Konsentratsion zanjirda eng past konsentratsiyali eritmada turgan elektrod – anod, yuqoriroq konsentratsiyada turgan elektrod katod bo'ladi. Elektrolit eritmasini tayyorlab olamiz. 0,01 M eritma tayyorlash uchun 2 ml 0,1 M mis sulfat eritmasidan olib, unga 18 ml distillangan suv quyamiz. 0,001 M eritma tayyorlash uchun 0,01 M eritmada 2 ml olib 18 ml distillangan suv qo'shamiz.

2 jadval

Mis (II) sulfat eritmasining konsentratsion zanjirlari

Mis sulfat eritmasi		
№	Chap kamera	O'ng kamera
1	0,1mol/l	0,1mol/l
2		0,01mol/l
3		0,001mol/l

3-jadval

№	Galvanik element	Kuchlanish ΔE		$\lg C_1 - \lg C_2$
		Amaliy	Nazariy	
1	$Cu/CuSO_4(0.1mol/l)//(0.1mol/l)CuSO_4/Cu$			

2	$Cu/CuSO_4(0.1mol/l)/(0.01mol/l)CuSO_4/Cu$			
3	$Cu/CuSO_4(0.1mol/l)/(0.001mol/l)CuSO_4/Cu$			

Yacheykalarga tegishli eritmalarni quyib chiqing. Eritmalarga mis elektrodni botiring. EYuK ni o'lchash uchun elektrodni voltmetrga ulang. Yuqori konsentratsiyali mis sulfatda turgan elektrodni musbat qutbga ulang va uni keyingi zanjirlarning EYuK ni o'lchash uchun qayta ishlating.

Ushbu ta'sirni hisoblash uchun Nernst tenglamasi ishlatiladi:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1(Me^{n+})}{C_2(Me^{n+})}$$

Metallarning standart elektrod potentsiallarini aniqlash.

Standart vodorod elektrod xlorid, sulfat yoki boshqa kislotalarning 1 M li eritmalarida standart sharoitda (P=101,325 kPa, T=298 K) o'lchanadi. Standart vodorod elektrod vodorod gazi bilan o'ralgan platina to'rdan iborat. Bu elektrodning potentsiali 0.000 V deb belgilangan. Vodorod elektrodni olish uchun elektrolizni amalga oshiramiz. Buning uchun ikkita kabelni tok manbaiga ulaymiz, tok kuchini nazorat qiluvchi murvatni oxirigacha buraymiz (500 mA maksimal tok kuchi). Manfiy qutbga platina elektrodni ulaymiz. Platina elektrodda gaz ajralib chiqishini kuzatamiz. Shundan so'ng darhol potentsiali aniqlanayotgan elektrodni o'lchash qurilmasiga ulaymiz va standart potentsialni topamiz.

Magniy elektrodini tayyorlash uchun magniy lentasi kichik plastik plita atrofiga o'raladi. Pinset yordamida magniy o'ralgan elektrodni yuzasi kumushsimon yaltiroq holga kelguncha xlorid kislota eritmasiga botirib turiladi. YOnma-yon turgan kameralarga magniy, rux, mis va kumush elektrodni kiritamiz, qarshisidagi kameralarga platina elektrodni kiritamiz. Tegishli kameralarga elektrolit eritmalaridan quyib chiqamiz. Yuqorida ko'rsatilgan tartibda qolgan elektrodni ham standart potentsiallarini aniqlaymiz. O'lchashda olingan qiymatlarni jadvalga kiriting.

4 jadval

Alohida elektrodning potentsiallari

Tegishli redoks jufti		Mg/Mg ²⁺	Zn/Zn ²⁺	Cu/Cu ²⁺	Ag/Ag ⁺
EYuK	Amaliy				
	Nazariy				

Bu jarayonlarda quyidagi zanjirlar hosil bo‘ladi:

- a) $(-) Pt, H_2/2H^+//Mg^{2+}/Mg (+)$
b) $(-) Pt, H_2/2H^+//Zn^{2+}/Zn (+)$
c) $(-) Pt, H_2/2H^+//Cu^{2+}/Cu (+)$

5-jadval

Yakobi-Daniel elementining EYuK va termodinamik muvozanat konstantasi, alohida elektrodning potentsiallari va bufer eritmaning vodorod ko‘rsatkichi. t= 25⁰C

Element zanjiri	E _{taj}	E _{his}	E _{naz}	ΔE ₁ = E _{taj} - E _{naz}	ΔE ₂ = E _{his} - E _{naz}	lgK _s	K _s	π _{Cu taj}	π _{Zn taj}	E _{Cu his} ⁰	E _{Zn his} ⁰	pH	
												his	taj
(+)Cu/CuSO ₄ //ZnSO ₄ /Zn ⁽⁻⁾													
(+)Cu/CuSO ₄ //KCl/Hg ₂ Cl ₂ /Hg ⁽⁻⁾													
(+)Hg/Hg ₂ Cl ₂ //KCl//ZnSO ₄ /Zn ⁽⁻⁾													
(+)Pt/[H ⁺] _{x.g} //KCl/Hg ₂ Cl ₂ /Hg ⁽⁻⁾													

6-jadval

Elektrolitlarning suvli eritmalaridagi ionlari o‘rtacha aktivlik koeffitsientlari orqali hisoblangan elektrod potentsiallari (t=25⁰C)

Elektrod	m, mol/1000g	γ _±	a _±	E ⁰	E _{taj}	E _{naz}
----------	--------------	----------------	----------------	----------------	------------------	------------------

	H ₂ O					
Cu ²⁺ /Cu						
Zn ²⁺ /Zn						

Tajribalarning yakunida o'lchashlarning xatoliklari baholanadi.

Hisoblash formulalari:

Yakobi-Daniel elementining EYuK ni quyidagi tenglamalardan hisoblanadi:

$$E_{naz} = \pi_{Cu}^0 - \pi_{Zn}^0 \quad (1);$$

$$E_{xisob} = \pi_{Cu(o'lch.)} - \pi_{Zn(o'lch.)} \quad (2);$$

$$E_{taj} = \pi_{Cu} - \pi_{Zn} \quad (3);$$

$$\Delta E_1 = E_{taj} - E_{naz} \quad (4);$$

$$\Delta E_2 = E_{taj} - E_{xisob} \quad (5).$$

Muvozanat konstantasini topish tenglamalari:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_a \quad (6);$$

$$\Delta G^0 = -zFE^0 \quad (7);$$

$$\lg K_a = zFE_{taj}/2,303RT \quad (8).$$

Elektrod potentsiallarini aniqlash tenglamalari:

$$E_{taj} = \pi_{Cu} - \pi_{n.k.e.} \quad (9);$$

$$\pi_{Cu} = E_{taj} + \pi_{n.k.e.} \quad (10);$$

$$E_{taj} = \pi_{n.k.e.} + \pi_{Zn} \quad (11);$$

$$\pi_{Zn} = \pi_{n.k.e.} - E_{taj} \quad (12).$$

Bufer eritmaning pH ni Nernst tenglamasidan hisoblanadi:

$$E_{taj} = \pi_{x.g.}^0 + 0,0591 \lg a_{N^+} - \pi_{n.k.e.}^0 \quad (13)$$

$$E_{taj} = E_{naz} + 0,0591 \lg a_{H^+} = E_{naz} - 0,0591 pH \quad (14),$$

$$\text{bu erda } E_{naz} = \pi_{x.g.}^0 - \pi_{n.k.e.}^0; \quad \lg a_{H^+} = \frac{E_{taj} - E_{naz}}{0,0591} \quad (15);$$

$$pH_{his.} = \frac{E_{naz} - E_{taj}}{0,0591} \quad (16),$$

bu erda T=298 K da 2,303RT/F=0,0591.

Elektrod potentsiallarini ionlarning o'rtacha aktivlik koeffitsientlari orqali hisoblash:

$$a_{\pm} = \gamma_{\pm} m \quad (17);$$

$$E(\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}) = E_{\text{Cu}}^0 + \frac{2,303RT}{zF} \lg(a_{\text{Cu}^{2+}} / a_{\text{Cu}}) \quad (18);$$

$$E(\text{Zn}^{2+}, \text{Zn}) = E_{\text{Zn}}^0 + \frac{2,303RT}{zF} \lg(a_{\text{Zn}^{2+}} / a_{\text{Zn}}) \quad (19).$$

Galvanik elementlarning EYuK va elektrod potentsiallarining nazariy qiymatlari:

$$E_{\text{ya-d}} = 1,10 \text{ V}; \quad E_{\text{N}} = 1,0183 \text{ V}; \quad \pi_{\text{Cu}^+ / \text{Cu}} = 0,521 \text{ V};$$

$$\pi_{\text{Cu}^+ / \text{Cu}} = 0,337 \text{ V}; \quad \pi_{\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}} = -0,763 \text{ V}; \quad \pi_{\text{x.z}}^0 = 0,699 \text{ V};$$

$$\pi_{\text{n.k.e}} = 0,2415 \text{ V (to'yingan eritma)}; \quad \pi_{\text{n.k.e}} = 0,2812 \text{ V (1,0 M eritma)};$$

$$\pi_{\text{n.k.e}} = 0,3341 \text{ V (0,1 M eritma)}.$$

3-LABORATORIYA ISHI

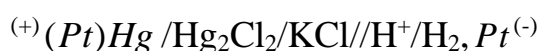
POTENSIOMETRIYA

Ishning maqsadi: Xingidron elektrodi yordamida potentsiometrik kislota-asos titrlash.

NAZARIY QISM

Indikator elektrodi potentsialining (yoki element EYuKning) sakrashi bo'yicha ekvivalent nuqta aniqlanadi. Indikator elektrodi, odatda, titrlanayotgan modda ionlariga nisbatan qaytar bo'ladi. Potentsiali eritmaning pH iga bog'liq bo'lgan elektroddan foydalanib, kislota yoki asosni neytrallash usulida potentsiometrik titrlanadi. Qaytar oksidlanish-qaytarilish sistemalari uchun indifferent elektrodlar qo'llaniladi. Cho'ktirish yoki kompleks xosil qilish usulida potentsiometrik titrlashda ishchi elektrod titrlash jarayonida cho'kma yoki kompleks hosil qiluvchi komponentga (ionga) nisbatan qaytar bo'lishi kerak.

Elementlarning zanjiri: potentsiometrik titrlash usulida quyidagi elementlar qo'llanishi mumkin:





To‘yingan kalomel va vodorod elektrodlaridan iborat elementda kalomel elektrodi musbat bo‘lib, u solishtirish elektrodi sifatida, vodorod elektrodi esa indikator elektrodi sifatida xizmat qiladi. Indikator elektrodi sifatida xingidron qo‘llanilsa, u kalomel yoki kumush xlorid elektrodlariga nisbatan musbat bo‘ladi.

AMALIY QISM

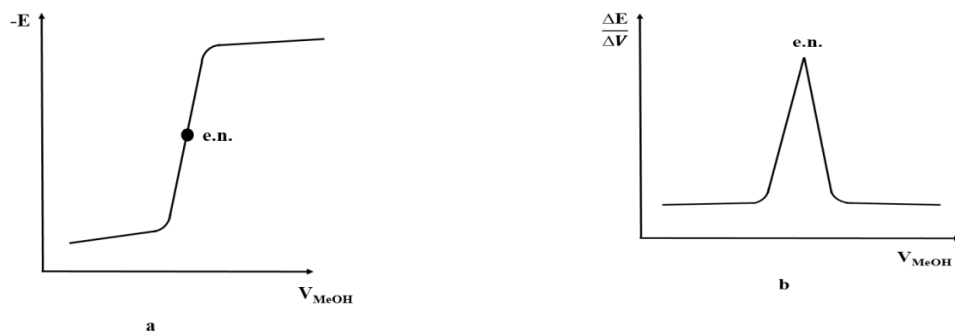
Indikator (xingidron) va solishtirish (kalomel) elektrodlaridan iborat galvanik element yig‘iladi. Yacheykaga 5-10 ml titrlanishi kerak bo‘lgan kislota yoki kislotalar aralashmasi quyiladi. Titrlanayotgan eritma va titrantning konsentratsiyalari yaqin bo‘lishi kerak ($\sim 0,25 \text{ N}$). Avvalo titrant katta miqdorlarda qo‘shiladi (0,5-1,0 ml) va har bir quyilgan ulushdan keyin eritma 2-4 minut davomida aralastirib turiladi. Zanjir EYuK ning o‘zgarishi sezilarli bo‘lib qolganda titrantning quyilayotgan ulushlari kamaytiriladi, ekvivalent nuqta yaqinida esa, titrlash tomchilarda amalga oshiriladi. EYuK ning katta o‘zgarishlari kuzatilgan nuqtadan o‘tgandan so‘ng, ikkinchi ekvivalent nuqtaga yaqinlashguncha titrantning ulushlari yana oshiriladi.

Titrlash natijalaridan quyidagi bog‘liqliklar tuziladi:

- solishtirish elektrodiga nisbatan o‘lchangan indikator elektrodi potensialining quyilgan titrantning hajmidan bog‘liqlik $E=f(V_{\text{MOH}})$ grafigi tuziladi va titrlashning integral egrisi topiladi;
- elektrod potentsiali o‘zgarishi ΔE ning qo‘shilgan titrant hajmi o‘zgarishi ΔV ga nisbatining qo‘shilgan titrantning hajmi V_{MOH} dan bog‘liqlik $\Delta E/\Delta V=f(V_{\text{MOH}})$ grafigi tuziladi va titrlashning differensial egrisi topiladi;
- titrantning har bir qo‘shilgan ulushidan keyingi EYuK ning tajribaviy E_{taj} qiymatidan (3) tenglama bo‘yicha pH hisoblanadi, $\text{pH}=f(V_{\text{MOH}})$ grafigi tuziladi va ekvivalent nuqta aniqlanadi.

Kuchli va kuchsiz kislotalar aralashmasini titrlayotganda $\text{pK}_2 - \text{pK}_1 \geq 4$ bo‘lgan taqdirdagina potentsiallarning ikkita sakrashi aniq namoyon bo‘ladi. Shu sababli kuchli

kislotalar sifatida HCl, H₂SO₄ va kuchsiz kislotalar sifatida CH₃COOH, HCOOH, H₃PO₄ va boshqalar olinadi. pK_a>8 da neytrallanish nuqtasini aniqlab bo‘lmay qoladi.



Rasm. Kuchli kislotalarni kuchli asos bilan potentsiometrik titrlash egrilari: a-integral; b-differensial.

Olingan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

Jadval

Potentsiometrik titrlash natijalari

V _{MOH} , ml	C _{ishq} , g-ekv/l	E, V	V _{e.n.} , ml	ΔE/ΔV	V _{e.n.} , ml	pH	V _{e.n.} , ml	pK ₁ ku chli kis.	pK ₂ kuch siz kis.	C _{kislota} , g-ekv/l		V _{kislota} , ml	
										kuchli	kuch siz	kuchli	kuch siz

Ekvivalent nuqtalarni aniqlayotganda E=f (V_{MOH}) yoki pH=f (V_{MOH}) bog‘liqliklarining egrilanish sohalarida egrilarga urinmalar o‘tkaziladi va hosil bo‘lgan kesmaning o‘rtasidan absissa o‘qiga perpendikulyar tushirib, ekvivalent hajm V_{e.n.} topiladi.

O‘quv tajribasidagi kislotalarni titrlab bo‘lgach, shu kislotalarning (yoki kislotalar aralashmasining) noma’lum hajmi olinib, uning titri aniqlanadi. Ekvivalent nuqtani aniqlashdagi o‘lchash xatoliklari baholanadi. **Hisoblash formulalari:**

$$C_1 = C_{ishqor} \cdot V_{ek.nuq.1} / V_{kis} \quad (1),$$

$$C_2 = C_{ishqor} (V_{ek.nuq.2} - V_{ek.nuq.1}) / V_{kis} \quad (2),$$

bu erda V_{kis} - titrlanayotgan eritmaning hajmi; S_{ishqor} - ishqorning konsentratsiyasi; $V_{\text{ek.nuq.1}}$ va $V_{\text{ek.nuq.2}}$ – kuchli va kuchsiz kislotalarning ekvivalent nuqtalaridagi titrantning hajmlari;

c_1 va c_2 – kuchli va kuchsiz kislotalarning konsentratsiyalari. Agar titrlanayotgan kislotalar aralashmasining konsentratsiyalari ma'lum bo'lsa, ekvivalent nuqtalar bo'yicha (1) va (2) tenglamalardan eritmadagi kuchli va kuchsiz kislotalarning nom'lum hajmlari V_{kis} aniqlanadi.

Eritmaning vodorod ko'rsatkichi Nernst tenglamasidan hisoblanadi:

$$\text{pH} = \frac{\pi_{\text{x.g.}}^{\circ} - \pi_{\text{n.k.e}}^{\circ} - E_{\text{taj}}}{0,0591} \quad (3),$$

bu yerda $E_{\text{x.g.}}^{\circ} = 0,699V$; $E_{\text{n.k.e}}^{\circ} = 0,2415V$;

$$T=298 \text{ K} \quad \text{da} \quad 2,303 \text{ RT/F}=0,0591$$

4-LABORATORIYA ISHI

ERITMALARNING ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGI

Ishning maqsadi: - kuchli elektrolitning solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanliklarini hamda elektr o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash;

- kuchsiz elektrolitning solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini aniqlash;
- kuchsiz elektrolitning dissotsilanish darajasini va disotsilanish konstantasini aniqlash;
- qiyin eruvchan tuzning konsentratsiyasini va eruvchanlik ko'paytmasini aniqlash.

Topshiriqlar: -kuchli va kuchsiz elektrolitlar solishtirma elektr o'tkazuvchanliklarining konsentratsiyaga bog'liqliklarini $\kappa=f(c)$ solishtiring;

- kuchli elektrolitning λ_{∞} ni topish uchun $\lambda=f(\sqrt{c})$ va $\lambda=f(1/c)$ grafiklarini tuzing;
- kuchsiz elektrolitning λ_{∞} chegaraviy qiymatini topish uchun $\lambda=f(\sqrt{\alpha c})$ grafigini tuzing.

NAZARIY QISM

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

Elektr tokini o'tkazish qobiliyati qarshilik yoki elektr o'tkazuvchanliklar bilan xarakterlanadi. Har qanday o'tkazgichning qarshiligi uning uzunligiga l to'g'ri proporsional va yuzasiga S teskari proporsionaldir:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

bu yerda ρ solishtirma qarshilik bo'lib, o'tkazgichning uzunligi va yuzasi bir birlikka teng bo'lganda R ga teng.

Elektr o'tkazuvchanlik qarshilikka teskari bo'lgan kattalikdir:

$$\omega = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{S}{l} = \alpha \cdot \frac{S}{l} \quad (2)$$

Elektr o'tkazuvchanlik ω simenslarda o'lchanadi ($1 \text{ Sm} = 1 \text{ Om}^{-1}$).

Solishtirma qarshilikka ρ teskari bo'lgan kattalik solishtirma elektr o'tkazuvchanlik α deyiladi va u yuzasi 1 sm^2 va 1 sm masofada joylashtirilgan 2 ta parallel elektrodlar orasidagi 1 sm^3 hajmli eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga teng bo'ladi:

$$\alpha = \frac{1}{\rho} (\text{Om}^{-1} \text{sm}^{-1} \text{ yoki } \text{Sm} \cdot \text{sm}^{-1}) \quad (3)$$

Om qonuniga binoan, o'tkazgichdan o'tayotgan tokni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I = \frac{U}{R} = U\omega = U \alpha \frac{S}{l} \quad (4)$$

va bu holda,

$$\frac{I}{S} = j = \alpha \frac{U}{l} \quad (5)$$

bu yerda: $j = I/S$ – tok zichligi (A/sm^2), U/l – maydon kuchlanganligi (V/sm).

Elektr maydonning kuchi ta'sir qilguncha eritmadagi ionlar xaotik issiqlik harakati holatida bo'ladilar. Maydon ta'sirida ionlar harakati yo'nalgan holatga keladi. Bu harakatning tezligi maydon kuchlanganligiga proporsional bo'ladi:

$$U_{\text{yo'nalgan}} = u \cdot U / l,$$

bu yerda u – ionning elektr harakatchanligi deyiladi va u maydon kuchlanganligi bir birlikka teng bo'lgandagi ionning harakat tezligiga tengdir.

Kation va anionlar tashib o'tayotgan tokning zichligi ularning zaryadiga z , konsentrasiyasiga $C(\text{mol}/\text{sm}^3)$ va yo'nalgan harakat tezligiga $u \cdot U/l$ proporsional-dir.

$$j_+ = z_+ C_+ u_+ \frac{U}{l} F; \quad j_- = z_- C_- v_- \frac{U}{l} F \quad (6)$$

bu yerda: F – Faradey soni; u_+ va v_- – kation va anionlarning harakatchanligi. Ikki xil ishoradagi ionlarning umumiy zichligi ($z_+ c_+ = z_- c_- = z_i c_i$ bo‘lgani uchun)

$$j = j_+ + j_- = z_i C_i \frac{U}{l} F (u_+ + v_-) \quad (7)$$

ga teng bo‘ladi.

(5) va (7) tenglamalarni solishtirib, eritmaning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligini keltirib chiqaramiz:

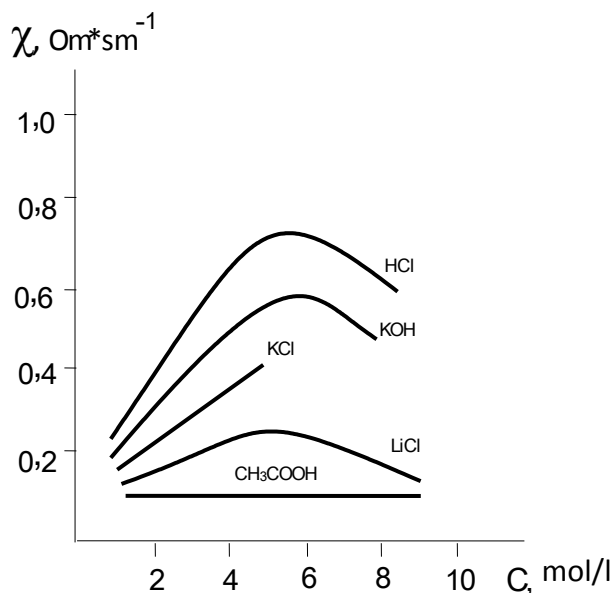
$$\kappa = z_i C_i F (u_+ + v_-) \quad (8)$$

Kuchli elektrolitlar eritmalarda to‘liq dissosilanadi (konsentrasiya juda katta bo‘lmagan taqdirda), shuning uchun har qaysi ishorali ionlarning konsentrasiyasini S (molyar) orqali ifodalashimiz mumkin: $S_i = v_i S / 1000$, bu yerda v_i – elektrolit molekulasidagi ayni ishorali ionlarning soni. Demak,

$$\kappa = z_i v_i C F (u_+ + v_-) / 1000 = z C F (u_+ + v_-) / 1000 \quad (9)$$

bu yerda: $z_i v_i = z - 1$ mol dagi g -ekv lar soni. (IX.48) tenglamadan shunday xulosa chiqarish mumkin: kuchli elektrolitning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi elektrolitning konsentrasiyasiga va ionlarning harakatchanligiga bog‘liq.

Konsentrasiya ortishi bilan ionlar o‘rtasidagi elektrostatik ta’sirlar natijasida ularning harakatchanligi kamayadi. Bu ta’sirlar solishtirma elektr o‘tkazuvchanlikning konsentrasiyaga bog‘liqlik grafigida maksimumlar paydo bo‘lishiga olib



1-rasm. Kuchli va kuchsiz elektrolitlar solishtirma elektr o'tkazuvchanligining elektrolit konsentratsiyasiga bog'liqligi.

keladi (*1-rasm*). Konsentratsiya kam bo'lganda ionlar orasidagi masofa katta bo'ladi, elektro-statik ta'sirlar kuchsiz va konsentratsiya ortishi bilan solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning qiymati ko'payadi. Konsentratsiya yanada ko'paytirilganda ionlararo ta'sir kuchayadi va ionlarning harakatchanligi konsentratsiya ortishiga nisbatan ko'proq kamayib ketadi. Kuchsiz elektrolitlarni qutbli erituvchilarda eritilganda (dielektrik o'tkazuvchanligi katta bo'lgan) ham molekulalarning bir qismi dissosilanmaydi. Kuchsiz

elektrolitlarning dissosilanish darajasi (ionlarga ajralgan molekulalarning sonini eritilgan molekulalarning umumiy soniga nisbati) konsentratsiyaga bog'liqdir. Konsentrlangan eritmalarda $\alpha \ll 1$ bo'ladi va konsentratsiya $C \rightarrow 0$ intilganda $\alpha \rightarrow 1$.

(8) tenglamadagi C_i o'rniga uning $C_i = \alpha v_i C / 1000$ qiymatini qo'ysak, kuchsiz elektrolitlar uchun solishtirma elektr o'tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqaramiz:

$$\alpha = z_i v_i \frac{\alpha C F (u_+ + v_-)}{1000} = z \frac{\alpha C F (u_+ + v_-)}{1000} \quad (10)$$

Kuchsiz elektrolit eritmalarida ionlarning konsentratsiyasi kam, orasidagi masofa esa katta bo'lganligi sababli ionlararo elektrostatik ta'sirlar bo'lmaydi. Shuning uchun ionlarning harakatchanligi eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq emas. (10) tenglamadan ko'rinib turibdiki, kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi αC ko'paytmasiga bog'liq. Eritmaning konsentratsiyasi unchalik katta bo'lmaganda konsentratsiya ortib borishi bilan αC ko'paytmaning qiymatlari ko'payadi va solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ortadi. Lekin yuqori konsentratsiyalarda bu ko'paytma kamayadi

va shu sababli, kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi, xuddi kuchli elektrolitlardagi kabi, maksimal qiymatga yetgandan so'ng kamayadi.

Ekvivalent va molyar elektr o'tkazuvchanlik.

Onzager nazariyasi. Ostvald qonuni

Elektrolitik dissosiasiya darajasi bilan bog'liq bo'lgan elektrolit eritmalarning elektr o'tkazish qobiliyatini tavsiflash uchungina ekvivalent λ yoki molyar μ elektr o'tkazuvchanliklar qo'llaniladi:

$$\lambda = 1000\alpha/C; \quad \mu = 1000\alpha z/C$$

Demak, ekvivalent va molyar elektr o'tkazuvchanliklar o'zaro quyidagicha bog'langan $\mu = z\lambda$, bu yerda z – elektrolit molekulasidagi g -ekv lar soni.

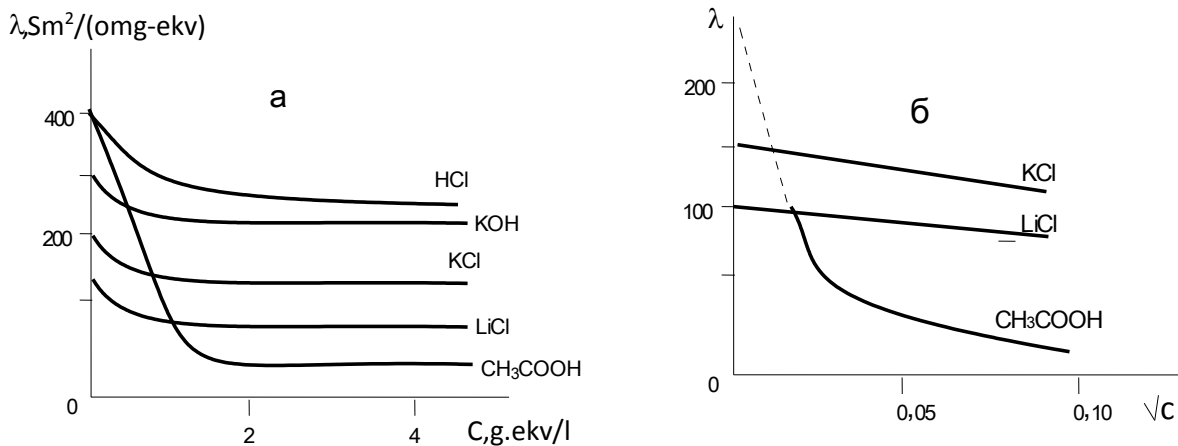
Elektrolit eritmasida har bir ion atrofida ion atmosferasining bo'lishi ionlarning tormozlanishiga olib keladi:

–ion atmosferasining ionga qarama-qarshi tomonga harakati elektroforetik (yoki katoforetik) tormozlanishni keltirib chiqaradi;

–ionning orqasidagi ion atmosferasida ortiqcha miqdorda qarama-qarshi zaryadning bo'lishi relaksasion tormozlanishga olib keladi. Relaksasion tormozlanish asimmetrik effekt ham deyiladi: har qanday ion harakatlanayotganda uning ion atmosferasi sferik simmetriyasi buziladi.

Harakatlanayotgan ion atrofidagi mavjud ion atmosferasining tarqalishi va yangi atmosferaning hosil bo'lishi bir onda sodir bo'lmaydi, uning tiklanishi uchun relaksasiya vaqti talab qilinadi. Natijada harakatdagi ionning oldida ion atmosferasi tashkil topishga, orqasida esa, to'la buzilishga ulgurmaydi. Shu sababli, harakatlanayotgan ionning oldidagi qarama-qarshi zaryadning zichligi bir oz kamroq, orqasida esa yuqoriroq bo'ladi. Bu relaksasion tormozlanishga olib keladi.

Eritmaning konsentrasiyasi ortishi bilan kuchli elektrolitlarda ionlar harakatchanligining va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning kamayishiga relaksasion tormozlanish sababdir (*2-rasm*).



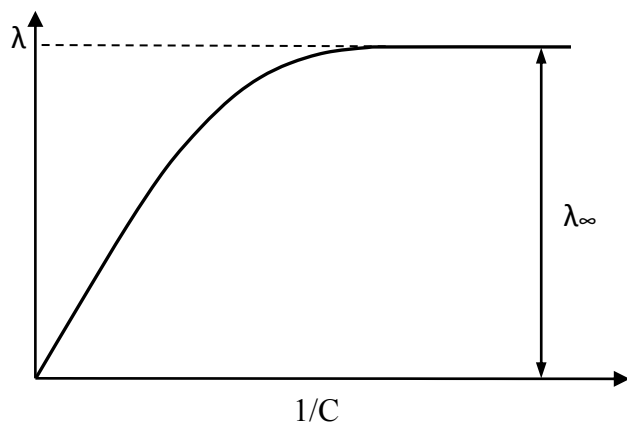
2-rasm. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentrasiyaga (a) va \sqrt{c} (b) bog'liqligi.

Debay va Gyukkelning elektrolit eritmalari tuzilishining elektrostatik modeli asosida qilgan nazariy hisoblari suyultirilgan eritmalarda ($C < 10^{-2}$ g-ekv/l), ionlarning o'zaro tormozlanishi sababli, elektr o'tkazuvchanlikning kamayishi konsentrasiyaning kvadrat ildiziga proporsionalligini ko'rsatdi: kuchli elektrolitlarda $\lambda = f(\sqrt{C})$ bog'lanish to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi. Bu bog'lanishni ifodalovchi tenglama

$$\lambda = \lambda_{\infty} - a\sqrt{C}$$

ko'rinishga ega, bu yerda a – erituvchi tabiatiga, dielektrik singdiruvchanligiga, qovushqoqligiga, elektrolit tabiatiga va haroratga bog'liq bo'lgan o'zgarmas son. Elektroforetik va relaksasion tormozlanishlarning elektr o'tkazuvchanlikka ta'sirini ko'rsatadigan Debay va Gyukkelning ifodasiga Onzager nazariyasida aniqliklar kiritilgan va elektroforetik effekt uchun $\epsilon_s \sqrt{C}$ va relaksasion effekt uchun $\epsilon_p \lambda_{\infty} \sqrt{C}$ ifodalarni hamda ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentrasiyaga bog'liqligi uchun $\lambda = \lambda_{\infty} - (\epsilon_s + \epsilon_p \lambda_{\infty}) \sqrt{C}$ ifoda keltirib chiqarilgan.

Suyultirilgan eritmalarining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini aniqlayotganda qiziqarli qonuniyatni kuzatish mumkin. Masalan, K_2SO_4 va Na_2SO_4 eritmalari λ larining chegara qiymatlari orasidagi farq 23,5 ga ($\lambda_{\infty, \text{K}_2\text{SO}_4} = 153,4$ va $\lambda_{\infty, \text{Na}_2\text{SO}_4} = 129,9$) teng. Xuddi shunday farq $\lambda_{\infty, \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$ va $\lambda_{\infty, \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$ lar uchun ham kuzatiladi. Bundan suyultirilgan eritmalarda har qaysi ion o'zining λ siga ega degan



3-rasm. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning $1/C$ ga bog'liqligi.

xulosa chiqadi. Cheksiz suyultiril-gan elektrolit eritmalarida ($C \rightarrow 0$) ionlararo ta'sir yo'qoladi va λ chegaraviy qiymatga intiladi: $\lambda \rightarrow \lambda_{\infty}$ (3-rasm). Kolraush qonuniga binoan $\lambda_{\infty} = \lambda_{+} + \lambda_{-}$ bu yerda: λ_{+} va λ_{-} —kation va anionlarning harakatchanligi. Kuchli elektrolitlarda $f_{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$

elektr o'tkazuvchanlik koefitsiyenti deyiladi. Kuchli elektrolitlar konsentrlangan eritmalarda ham yuqori λ ga ega. Konsentrasiya ortishi bilan λ ning qiymatlari ionlar harakatchanligining kamayishiga bog'liq ravishda kamayadi.

Kuchsiz elektrolitlar eritmalarida ionlararo ta'sirlar kuchsiz bo'ladi va har qanday konsentrsiyada ionlar bir-biridan erkin harakatlanadi. Kuchsiz elektrolitlar uchun $\lambda = f(C)$ bog'liqligi amalda dissosilanish darajasining o'zgarishi bilan ifodalanadi:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}} \text{ yoki } \lambda = \alpha \lambda_{\infty}.$$

Kuchsiz elektrolitlarning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi, xuddi kuchli elektrolitlar kabi, konsentrsiya ortishi bilan kamayadi, lekin buning sababi dissosilanish darajasining kamayishidir. Kuchsiz elektrolitlarning λ si suyultirilgan eritmalarda ham juda kichik va cheksiz suyultirishga yaqinlashgan sari keskin ortadi (3-rasm): $C \rightarrow 0$ da $\lambda \rightarrow \infty$ ga intiladi. $\lambda = f(\sqrt{C})$ bog'liqlik kuchsiz elektrolitlarda chiziqli emas, lekin kichik konsentrsiyalarda $\lambda = f(\sqrt{\alpha C})$ bog'lanish chiziqli bo'ladi.

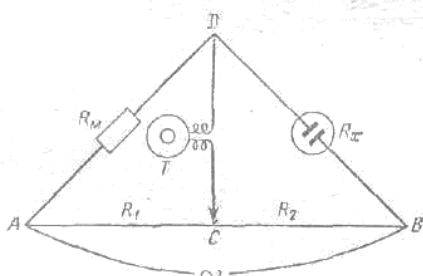
Massalar ta'siri qonuniga binoan konsentrsiya bilan dissosilanish darajasi orasidagi (5) munosabatni keltirib chiqargan edik. Agar $\alpha = \frac{\lambda_3}{\lambda_{\infty}}$ ekanligini hisobga olsak va

konsentrsiyani $V = \frac{1}{C}$ suyultirish bilan ifodalasak, $K = \frac{\lambda_3^2}{\lambda_{\infty} V(\lambda_{\infty} - \lambda_3)}$ Ostvaldning

suyultirish qonuni tenglamasini ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik orqali ifodasini keltirib chiqaramiz.

AMALIY QISM

Elektr o'tkazuvchanlikni aniqlash uchun Kolraush-Uitston ko'prigidan foydalaniladi.



Kolraush ko'prigi:

AB- reoxord;

R_1 i R_2 - ko'prik elkalari;

C- xarakatlanuvchi kontakt;

T- nol-asbob(ossillograf);

R_M -magazinlar qarshiligi;

R_x -elektrolit eritmasi solingan idish.

Elektrolit konsentratsiyasini o'zgartiruvchi va elektrodning qutblanishini keltirib chiqaruvchi elektroliz jarayonining oldini olish maqsadida tovush chastotasiga ega bo'lgan generator yordamida yuqori chastotali tok ishlatiladi. O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv qarshilik (omik qarshilik) R dan tashqari reaktiv qarshilik R_{CL} ham mavjud, u o'z navbatida sig'im (c) va induktiv (L) qarshiliklardan iborat. Zanjirning to'la qarshiligi impedans deyiladi. Ushbu holda muvozanat qarshiliklarning nisbati (1) bilan emas, balki impedanslarning nisbati bilan belgilanadi. Reaktiv qarshilikni maksimal kamaytirish uchun ulash simlarini qisqa olish, kontaktlarni yaxshilab tozalash va payvandlash, ko'prik zanjirlarini ekranlash va ekranni erga ulash kerak. Ammo ushbu tadbirlar elektr yacheykasining sig'im qarshiligini batamom yo'qota olmaydi, lekin sig'im qarshiligi aktiv (omik) qarshilikka nisbatan juda kichik bo'lganligi sababli, hisoblashlarda (3) tenglamadan foydalaniladi. Sig'im qarshiligini batamom yo'qotish mumkin bo'lmagani uchun ossillograf ekranidagi sinusoidning minimal amplitudasiga javob beruvchi tok kuchining eng kichik qiymatini beruvchi C konstantning holati topiladi.

1. Idish doimiysini aniqlash

Yuzasi 1 sm^2 va orasidagi masofa 1 sm bo'lgan ikki elektrod orasidagi ionlarning o'tkazuvchanligi solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. Lekin aslida

elektrodlarning atrofidagi ionlar ham elektr tokini o'tkazishda qatnashgani uchun elektr o'tkazuvchanlik ω solishtirma elektr o'tkazuvchanlikka teng bo'lmasada, unga proporsional bo'ladi. (3) tenglamadagi proporsionallik koeffitsienti k idish doimiysi deyiladi, uning qiymati ℓ/s nisbatga bog'liq. Idish doimiysini topish uchun solishtirma elektr o'tkazuvchanligi aniq bo'lgan standart elektrolit eritmalarining (KCl, NaCl) bir necha konsentratsiyadagi qarshiliklari o'lchanadi va k ning qiymati (4) tenglamadan hisoblanadi. Idish doimiysini topish uchun eritmalar 0,02 N li KCl eritmasini ketma-ket suyultirish 0,01; 0,005; 0,001 bilan tayyorlanadi. Barcha tajribalarda idishdagi eritmaning hajmi bir xil bo'lishi shart. Idish distillangan suvda, keyin 2-3 marta o'rganilayotgan konsentratsiyali eritmada chayiladi. So'ngra idishga 20 ml 0,02 N li KCl eritmasi pipetka yordamida quyiladi, bunda elektrodlar eritmaga to'liq botirilganligiga iqror bo'lish lozim. Eritma solingan idish o'lchash sxemasiga ulanadi, 10-15 min. davomida termostatlangandan so'ng o'lchashlar boshlanadi.

Harakatchan kontakti reoxordning o'rtasiga qo'yib, magazinlar qarshiligi yordamida CD diagonalidan minimal tok o'tishiga erishiladi. Bu sharoitda (2) tenglamaga muvofiq R_M ning qiymati R_x ga teng bo'ladi, chunki $l_2/l_1=1$. So'ngra R_M ning qiymatini 10-15% ga kamaytirib yoki ko'paytirib, harakatchan kontakt yordamida CD diagonalidagi tok kuchining minimal holati topiladi. Bunday o'lchashlar tajriba xatosining kam bo'lishini ta'minlaydi. Elektr o'tkazuvchanlikni hisoblash uchun R_x ning o'rtacha qiymatidan foydalaniladi. Juda kichik konsentratsiyalarda elektrolitning elektr o'tkazuvchanligi suv ($\omega \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{Sm} \cdot \text{sm}^{-1}$) bilan solishtirarli bo'lib qolgani uchun, hisoblarda buni e'tiborga

olish zarur: $\omega_0 = \omega_{\text{eritma}} - \omega_{H_2O}$. Tajriba natijalari 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

Idish doimiysini aniqlash natijalari

T, K	c, g·ekv/l	R_M , Om	l_1 , mm	l_2 , mm	R_{KCl} , Om	\bar{R}_{KCl} , Om	$\omega \cdot 10^3$, Sm/sm	k, sm^{-1}	k_{cp} , sm^{-1}
298	0,02						2,7670		
	0,01						1,4130		
	0,005						0,7177		

	0,001						0,1469		
--	-------	--	--	--	--	--	--------	--	--

2. Kuchli elektrolitning κ , λ , λ_∞ va f_λ qiymatlarini aniqlash

Xuddi idish doimiysini aniqlagandagi kabi, kuchli elektrolitning qarshiligi R_x ni 0,1 dan 0,0001 g-ekv/l gacha bo'lgan konsentratsiyalar oralig'ida o'lchanadi. Buning uchun elektrod va stakanlar 2-3 marta distillangan suvda, so'ngra o'rganilayotgan konsentratsiyali eritmada chayiladi, shundan keyin 20 ml kuchli elektrolit solinadi va eritmaning qarshiligi o'lchanadi. (3) va (5) tenglamalardan κ va λ lar hisoblanadi (suvning elektr o'tkazuvchanligi $s=0,001$ g-ekv/l va past konsentratsiyalarda hisobga olinadi. $\lambda=f(\sqrt{c})$ yoki $\lambda=f(1/c)$ bog'liqliklardan ordinatadagi kesma bo'yicha yoki elektr o'tkazuvchanlikning cheksiz suyultirishdagi maksimal qiymati bo'yicha λ_∞ va (6) tenglamadan barcha konsentratsiyalar uchun elektr o'tkazuvchanlik koeffitsientlari hisoblanadi. Natijalar 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

Kuchli elektrolitning κ , λ , λ_∞ va f_λ qiymatlari

s, g·ekv/l	R_M , Om	l_1 , mm	l_2 , mm	R_x , Om	\bar{R}_x , Om	κ_{er} , Sm/sm	$\kappa_{er} - \kappa$ <small>H_2O</small> , Sm/sm	λ , Sm·s m ² / g·ekv	λ_∞	f_λ
0,10										
0,05										
0,01										
0,005										
0,001										
0,0001										

3. Kuchsiz elektrolitning κ , λ , λ_∞ , α va K_{dis} qiymatlarini aniqlash

Kuchsiz elektrolitning 0,5 dan 0,001 g-ekv/l gacha bo'lgan konsentratsiyalari uchun R_x qiymatlari o'lchanadi. (3), (5), (7), (8) va (9) tenglamalardan kuchsiz elektrolitning κ ,

λ , λ_{∞} , α va K_{dis} qiymatlari hisoblanadi va 4-jadvalga yoziladi. $\alpha=f(c)$, $\lambda=f(c)$ va $\lambda=f(\sqrt{\alpha c})$ grafiklari chiziladi. Ionlarning elektr o'tkazuvchanliklari [1;2] lardan topiladi.

3-jadval

Ayrim elektrolitlarning 25°C dagi K_{dis} va λ_{∞} qiymatlari

Elektrolitlar	Sirka kislotalari CH_3COOH	Limon kislotalari $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}(\text{COOH})_3$	Chumoli kislotalari HCOOH	Propion kislotalari $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$	Qaxrabo kislotalari $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$
K_{dis}	$1,75 \cdot 10^{-5}$	$8,7 \cdot 10^{-4}$ $1,8 \cdot 10^{-5}$ $4,0 \cdot 10^{-6}$	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$ $2,9 \cdot 10^{-5}$
λ_{∞} , $\text{Sm} \cdot \text{sm}^2 /$ $\text{g} \cdot \text{ekv}$	391	383	404	386	381

4-jadval

Kuchsiz elektrolitning α , λ , λ_{∞} , α i K_{dis} qiymatlari $t=25^\circ\text{C}$

c , $\text{g} \cdot \text{ekv} / \text{l}$	R_M , Om	l_1 , mm	l_2 , mm	R_x , Om	\bar{R}_x , Om	α_{er} , Sm / sm	$\alpha_{\text{er}} - \alpha_{\text{H}_2\text{O}}$, Sm / sm	λ , $\text{Sm} \cdot \text{sm}^2 /$ $\text{g} \cdot \text{ekv}$	λ_{∞}	α	K_{dis}	ΔK_{dis}
0,10												
0,05												
0,01												
0,005												
0,001												
0,0001												

4. Qiyin eruvchan tuzning eruvchanligini va eruvchanlik ko'paytmasini aniqlash

Qiyin eruvchan tuzning to‘yingan eritmasida konsentratsiya juda kam bo‘lganligi sababli, ekvivalent elektr o‘tkazuvchanlik cheksiz suyultirilgan eritmaning elektr o‘tkazuvchanligi bilan bir xildir. SHunga ko‘ra λ_{∞} ning nazariy qiymatlari dan olinadi: $1/2Ca^{2+}:\lambda_{25}=59,5$; $1/2SO_4^{2-}:\lambda_{25}=80$ va $\lambda_{\infty}=139,5$.

Tajribada $CaSO_4$ to‘yingan eritmasining R_x va α_{er} qiymatlarini aniqlab, (10) va (11) tenglamalardan eritmaning konsentratsiyasi va g-ion/l lardagi eruvchanlik ko‘paytmasi hisoblanadi.

O‘lchash natijalarining xatoliklari baholanadi.

5-jadval

Qiyin eruvchan tuzning eruvchanligi va eruvchanlik ko‘paytmasi

To‘yingan eritma	R_M , Om	l_1 , mm	l_2 , mm	R_x , Om	\bar{R}_x , Om	α_r , Sm/ sm	α_{r-} α_{H_2O} , Sm/ sm	λ_{∞} , Sm·sm ² / g-ekv	s,		L,	
									g-ion/l		Jadval [8]	taj.
								Jadval [1]	Jadval [8]	ta j	Jadval [8]	taj.
$CaSO_4$; $Ca(OH)_2$; $CaCO_3$; $CaHPO_4$; $BaSO_4$; $CdCO_3$; $Cd(OH)_2$; CuS .								139,5	5,83 *10 ⁻²		3,4*10 ⁻⁵	

Hisoblash formulalari:

$$R_M / R_x = R_1 / R_2 = \frac{l_1}{l_2} \quad (1); \quad R_x = R_M \cdot \frac{l_2}{l_1} \quad (2);$$

$$\alpha = kw = k / R_x = \frac{k}{R_M} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (3); \quad k = \alpha_{H_2O} R_{KCl} = \alpha_{H_2O} \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot R_M \quad (4);$$

$$\lambda = 1000\alpha/c \quad (5); \quad f_{\lambda} = \lambda / \lambda_{\infty} \quad (6);$$

$$\lambda_{\infty} = \lambda_+ + \lambda_- \quad (7); \quad \alpha = \lambda / \lambda_{\infty} \quad (8);$$

$$K_{\text{dis}} = c\alpha^2 / (1-\alpha) \quad (9); \quad c = 1000 (\alpha_{\text{eritma}} - \alpha_{\text{H}_2\text{O}}) / \lambda_{\infty} \quad (10);$$

$$L = c_m^{v+} c_A^{v-} \quad (11)$$

5-LABORATORIYA ISHI

KONDUKTOMETRIYA

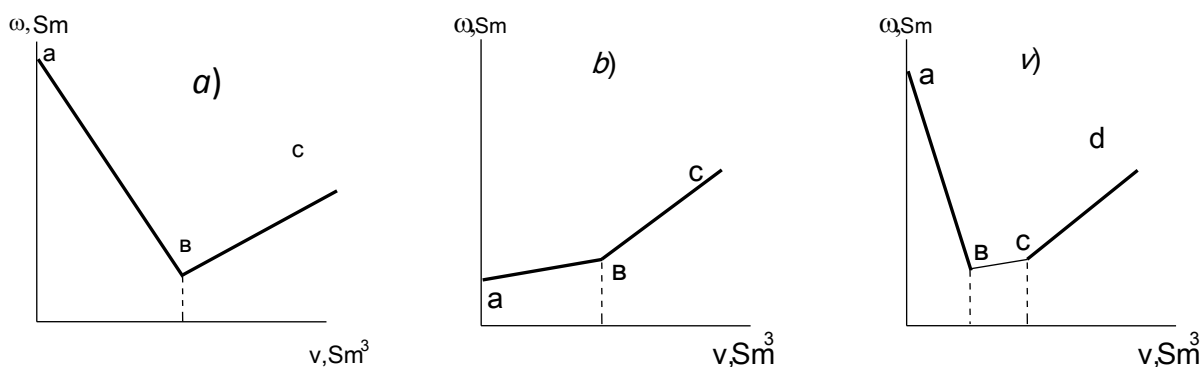
Ishning maqsadi: Ekvivalent nuqtani, elektrolitlarning eritmadagi g-ekv lar sonini va elektrolitlar aralashmasi eritmasining tarkibini aniqlash.

Ishning mohiyati: Konduktometriya elektrolit eritmasi elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishi bo'yicha ekvivalent nuqtani topish usuli bo'lib, u turlicha harakatchanlikka ega bo'lgan ionlarning konsentratsiyasi titrlash jarayonida kimyoviy reaksiya borishi natijasida o'zgarishiga asoslangan.

NAZARIY QISM

Konduktometrik titrlash

Bu usul bilan rangli yoki loyqa eritmalaridagi elektrolit konsentratsiyasini aniqlash va indikator tanlash qiyin bo'lgan hollarda kislotalar aralashmasini titrlash mumkin. Titrlash natijasida bir turli ionlarning ikkinchi turli ionlarga almashinishi elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishiga olib keladi va bu o'zgarish ekvivalent nuqtani aniqlashga imkoniyat yaratadi. Masalan, *HCl* kislotasini *NaOH* ishqori bilan titrlaganimizda vodorod ionlarining o'rnini harakatchanligi kamroq bo'lgan natriy ionlari egallaydi, chunki vodorod ionlari gidroksil ionlari bilan deyarli dissosilanmaydigan suvni hosil qiladi. Eritmadagi barcha H^+ ionlarning OH^- ionlari



1-rasm. Kislotalarni kuchli asos bilan konduktometrik titrlashda elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishi:

a) kuchli kislotaning eritmasi; b) kuchsiz kislotaning eritmasi; v) kuchli va kuchsiz

kislotalar aralashmasi; V- titrlash uchun ketgan ishqorning hajmi.

bilan to'la neytrallanishi kuzatilmaguncha eritmaning elektr o'tkazuvchanligi kamayib boradi (1, a-rasm). Eritmaga ishqor quyishni yana davom ettirganimizda H^+ ionlarining o'rnini egallagan Na^+ ionlari va ayniqsa OH^- ionlari hisobiga elektr o'tkazuvchanlik yana ortib boradi. Lekin, OH^- ionlarining elektr o'tkazuvchanligi H^+ ionlarining elektr o'tkazuvchanligidan kichik ($\lambda_{OH^-} < \lambda_{H^+}$) bo'lganligi sababli, ekvivalent nuqtadan keyingi (bc) elektr o'tkazuvchanlikning ortib borishi, uning (ae) qismidagi elektr o'tkazuvchanlikning kamayib borishidan sekinroq bo'ladi (bc chiziq ae chiziqdan yotiqroq ko'rinishga egadir).

Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlaganda (1, b-rasm), kam dissosilangan kuchsiz kislotaning o'rniga uning kuchli dissosilanuvchi tuzi hosil bo'lishi hisobiga elektr o'tkazuvchanlik ortib boradi (ae qism). Ekvivalent nuqtadan so'ng elektr o'tkazuvchanlik gidroksil ionlarining paydo bo'lishi hisobiga tezroq ortib ketadi va bc chiziq tikkarok ko'rinishga ega bo'ladi.

Kuchli va kuchsiz kislotalarning aralashmasini titrlaganda (1, v-rasm), birinchi navbatda, kuchli kislota ishqor bilan reaksiyaga kirishadi va kuchli kislota to'la neytrallanib bo'lgandan so'ng, kuchsiz kislota ishqor bilan ta'sirlasha boshlaydi. Kuchli kislotaning neytrallanishi natijasida elektr o'tkazuvchanlik avvaliga kamayib boradi (ae), kuchsiz kislotaning titrlanishi natijasida hosil bo'lgan kuchsiz kislotaning yaxshi dissosilanuvchi tuzi hisobiga elektr o'tkazuvchanlik ortadi (bc). Ikkinchi ekvivalent nuqtadan (c) keyingi elektr o'tkazuvchanlikning ortishi (cd) eritmadagi ortiqcha gidroksil ionlarining paydo bo'lishi hisobiga boradi. Shunday qilib, b va c nuqtalar kuchli va kuchsiz kislotalar aralashmasini titrlaganda hosil bo'lgan ekvivalent nuqtalardir.

Konduktometrik titrlash Kolraush sxemasi yordamida, elektrodlar tushirib qo'yilgan idishda olib boriladi. Idishdagi elektrodlarni ko'prikkala ulagandan keyin harakatchan kontakti reoxordning o'rtasiga qo'yiladi va magazinlar qarshiligi R_m ning tok kuchi kichik bo'lgandagi qiymati tanlab olinadi. Keyin bir xil ulushlar bilan (eritmani aralashtirib turgan holda) byuretkaga orqali 0,5 ml dan titri aniq bo'lgan ishqor eritmasi

tomizib boriladi. Har qaysi ulush tomizilgandan so'ng qarshilik aniqlanadi va elektr o'tkazuvchanlikning qiymatini ordinataga, ishqorning tomizilgan hajmini absissa o'qlariga qo'yib, konduktometrik titrlash grafigi chiziladi. Bunda *1-rasmda* ko'rsatilgan siniq chiziqlar hosil bo'ladi va chiziqlarning singan nuqtalari ekvivalent nuqtalarga mos keladi.

AMALIY QISM

Titrlash 1-2 ml li mikrobyuretkada yordamida platina elektrodleri tushirilgan yacheykada olib boriladi. Konduktometrik titrlashda idishning doimiysini aniqlash talab qilinmaydi, chunki maqsadi faqat ekvivalent nuqtani topishdan iborat. Lekin titrlash davomida eritmaning hajmi kuchli o'zgarib ketishiga yo'l qo'ymaslik kerak, aks holda suyultirish natijasida elektr o'tkazuvchanlik pasayib ketadi. Shu sababli iloji boricha yuqori konsentratsiyali titrant ishlatiladi.

Yacheykaga 5-10 ml 0,25 N li kislota quyiladi, elektrodler tushiriladi va Kolraush ko'prigiga ulanadi. Harakatlanuvchi kontakti reoxordning o'rtasiga qo'yib, qarshiliklar magazinidan R_M ning qiymati topiladi. Ushbu qiymat (1) tenglamaga muvofiq $I_2/I_1 = 1$ da eritmaning qarshiligi R_x ga teng va ko'prik diagonali bo'yicha tok kuchi minimal qiymatga ega bo'ladi. Eritmaning qarshiligi R_x bir necha marta aniqlanadi va o'rtacha qiymat olinadi. So'ngra, eritmani magnit aralashtirgich yordamida aralashtirib turgan xolda, byuretkadan 0,1 sm³ ulushlarda ishqorning 2,0 N li titrlangan eritmasidan quyib boriladi. Har bir quyilgan ishqorning aniq hajmi topiladi, eritmaning R_x qarshiligi va elektr o'tkazuvchanligi ω hisoblanadi. $1/R = f(V_{NaOH})$ yoki $\omega = f(V_{NaOH})$ bog'liqlik grafigi chiziladi. Grafikda to'g'ri chizikli bog'lanish sohalariga ega bo'lgan siniq chiziq hosil bo'ladi, ushbu siniq chiziqning kesishgan nuqtasi ekvivalent nuqtaga javob beradi. Chiziqlar to'g'ri bo'lishi uchun titrlanayotgan eritmaning hajmi deyarli o'zgarmasligi kerak, shuning uchun titrlashga ishqorning yuqoriroq konsentratsiyasi olinadi (titrantning konsentratsiyasi titrlanayotgan eritmaning konsentratsiyasidan 5-10 marta yuqori bo'lishi kerak), hamda titrlanayotgan kislota eritmasiga 150 ml distillangan suv quyiladi. Ekvivalent nuqtada kislota va ishqor eritmalarining g-ekv lar soni teng $V_x c_x = V_T c_T$ (bu erda c_x va c_T eritmaning va titrantning g-ekv/l lardagi konsentratsiyalari)

bo'lgani uchun, titrlanayotgan eritmaning konsentratsiyasini yoki hajmini yuqoridagi tenglamalardan aniqlash mumkin.

Olingan natijalar quyidagi jadvallarga yoziladi.

1-jadval

Kislota yoki kislotalar aralashmasini ishqor bilan konduktometrik titrlash natijalari (o'quv tajriba)

$t = 25^{\circ}\text{C}$; $C_{\text{kisl.}} = 0,25 \text{ N}$; $C_{\text{ishqor}} = 2,0 \text{ N}$.

$V_{\text{kis,sm}^3}$	$V_{\text{ishqor, sm}^3}$	l_1, mm	l_2, mm	l_1/l_2	R_M, Om	R_x, Om	$\omega, 1/\text{Om}$
5,0	0						
	0,1						
	0,2						
	0,3						
	.						
	.						
	.						

2-jadval

Noma'lum hajmli (yoki konsentratsiyali) kislota yoki kislotalar aralashmasini ishqor bilan titrlash natijalari (tekshiruv tajribasi)

$t = 25^{\circ}\text{C}$; $C_{\text{kisl.}} = 0,25 \text{ N}$; $C_{\text{ishqor}} = 2,0 \text{ N}$.

$V_{\text{kisl, sm}^3}$	$V_{\text{ishqor, sm}^3}$	l_1, mm	l_2, mm	l_1/l_2	R_M, Om	R_x, Om	$\omega, 1/\text{Om}$	$C_{\text{kisl.}, \text{g-ekv/l}}$
x	0							x
	0,1							
	0,2							
	0,3							
	.							
	.							

Tajriba yakunida o'lchash xatoliklari baholanadi.

Hisoblash formulalari:

$$R_x = R_M \cdot \frac{l_2}{l_1} \quad (1);$$

$$\omega = \frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_M} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (2);$$

$$n = V_{t,ekv.} \cdot C_T \cdot 10^{-3} \quad (3),$$

bu erda C_T titrant eritmasining g-ekv/l dagi konsentratsiyasi;

$V_{t,ekv.}$ ekvivalent nuqtaga mos keluvchi titrant eritmasining hajmi, sm^3 .

6-LABORATORIYA ISHI

ELEKTROLIZ

Tuz, kislota, ishqor eritmalari va suyuqlanmalari orqali doimiy elektr

tokining o'tishi elektrodlarda boradigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari natijasida moddalarning kimyoviy hosil bo'lishi bilan bog'liq. Bu jarayon elektroliz deb ataladi. Elektrodlarda ionlar zaryadlarini yo'qotib, neytral atomlar ko'rinishida ajraladi yoki zaryadini o'zgartirib boshqa kimyoviy birikmalarni hosil qiladi. Elektrolizda birlamchi va ikkilamchi jarayonlar farqlanadi. Birlamchi jarayon – ion zaryadining yo'qolishi, ikkilamchi jarayon – ularning elektrodlarda ajralishi. Masalan, xlorid kislota eritmasining elektrolizida birlamchi jarayonni quyidagi sxema bilan ifodalash mumkin:

$H^+ + e^- \rightarrow H$, $Cl^- - e^- \rightarrow Cl$ Bu holatda ikkilamchi jarayon vodorod va xlor molekularining hosil bo'lishi bilan boradi:

$H + H \rightarrow H_2$, $Cl + Cl \rightarrow Cl_2$ Birinchi marta elektroliz jarayoni Faradey tomonidan chuqur o'rganilgan bo'lib, elektrolizning birinchi va ikkinchi qonunini yaratgan. bu qonunlaruning nomi bilan ataladi. Birinchi qonun: elektrodda ajraladigan moddaning miqdori elektrolitdan o'tgan elektr toki miqdori – q ga to'g'ri proporsional bo'ladi. Ikkinchi qonun: turli xil moddalarning eritmalaridan bir xil miqdorda elektr toki o'tkazilsa, elektrodlarda ajralgan moddalarning miqdori ularning kimyoviy ekvivalentlariga mos bo'ladi. elektr toki miqdori-q vaqtning elektrolit eritmasidan o'tgan tok kuchi bilan ko'paytmasiga teng:

$$Q = It$$

bu yerda Q – elektr miqdori, kl; I – tok kuchi, a; t – vaqt, sek. elektrolitdan o'tgan elektr miqdorining har bir kuloniga ajralayotgan moddaning aniq miqdori to'g'ri keladi. faradey qonunlarini aniq qonunlar tarkibiga kirganligi uchun, elektroliz mohiyati asosida tok kuchini o'lchash va shu kuchning amaliy birligi – ampelni aniqlash metodi yotadi. qoida. 1 sekund ichida 0,001119 g kumush ajralganda eritmada o'tgan tokning kuchi bir amperga teng bo'ladi. Qoida. tok kuchi 1 amper bo'lganda 1 sekunda eritmada o'tadigan elektr miqdori 1 kulonga teng. Tok kuchi va uning miqdorini o'lchash uchun laboratoriya elektrolizyorlarida ishlatiladigan asboblarda voltmetrlar yoki kulonometrlar deb ataladi. elektrolizda turli moddaning 1 g-ekv miqdori ajralishi uchun eritma orqali 96500 kl elektr toki (26,8 a/s) o'tishi kerak. bu kulonlarning soni faradey soni (f) deb ataladi. Elektrolit orqali 1 kulon elektr toki o'tganda ajraladigan modda miqdori elektrokimyoviy ekvivalent – k deyiladi. **Ishning maqsadi:** Elektrokimyoviy ekvivalentni aniqlash usuli va qurilmasi

bilan tanishish.

Kerakli asbob va reaktivlar: Qo'rg'oshinli yoki ishqorli akkumulyator,

ampermetr, reostat, kalit, misli kulonometr (elektrolit va ikkita mis elektrodli vanna), sekundomer, millimetrli chizg'ich, analitik tarozi, $CuSO_4$ ning 5 % li eritmasi, qurilma uchun simlar. Elektrolitdan ma'lum miqdorda elektr toki o'tganda elektrodda ajralgan

modda miqdori quyidagiga teng:

$$m = EIt \text{ yoki } E = m/It$$

bu yerda, m – ajralgan modda massasi, g da, E – berilgan moddaning

elektrokimyoviy ekvivalenti, I – tok kuchi, t – vaqt, sek. Elektrokimyoviy ekvivalent- E ni aniqlash uchun 12– rasmda ko'rsatilgandek asbob yig'iladi. Tok akkumulyator

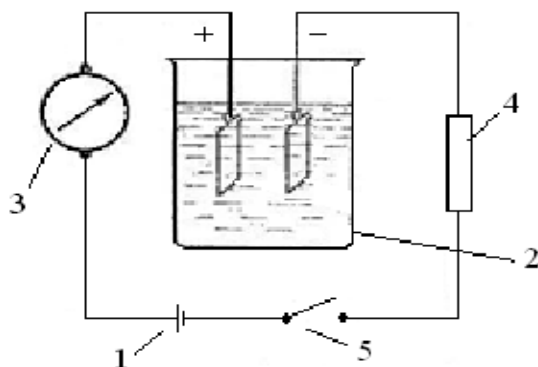
(1) dan kulonometr (2) orqali (elektrolitli

vanna) reostat (4) ga, undan ampermetr (3) va kalit (5) ketma-ketlikda

tutashtiriladi. Zanjir kalit yordamida ulanganda mis katodda mis ajrala boshlaydi.

Unda ajralayotgan mis zich qatlamlar hosil qilishi va tajriba vaqtida shu qavat ajralmasligi uchun 1 sm² katod yuzasiga 0,05 A dan oshmaydigan tok o'tkazish

lozim. Buning uchun tajriba boshida millimetrli chizg'ich orqali katod yuzasi



Elektrokimyoviy ekvivalentni aniqlash quilmasi. 1-tok manbai, 2-kulonometr, 3-ampermetr, 4-reostat, 5-kalit.

Zanjir kalit yordamida ulanganda mis katodda mis ajrala boshlaydi. Unda ajralayotgan mis zich qatlamlar hosil qilishi va tajriba vaqtida shu qavat ajralmasligi uchun 1 sm² katod yuzasiga 0,05 A dan oshmaydigan tok o'tkazish lozim. Buning uchun tajriba boshida millimetrli chizg'ich orqali katod yuzasi aniqlanadi va maksimal mumkin bo'lgan tok kuchi hisoblab chiqiladi. Tajribani boshlashdan oldin katodni nitrat kislotaning 20-30 % li eritmasiga 1-2 sekund botirib olinadi va so'ngra yaxshilab distillangan suv bilan chayiladi. Elektrolitga tushirilayotgan katodga qo'l tekkizish mumkin emas, chunki juda kam yog' miqdori ham katoddagi mis adgeziyasini yomonlashtiradi. Shundan so'ng katod CuSO₄ · 5H₂O eritmasi bilan to'ldirilgan kulonometrda mahkamlanadi. Reostat yordamida hisoblashlarda olingandagiga nisbatan ancha kichik tok kuchi o'rnatiladi. Katod kulonometrdan olinadi, distirlangan suv bilan yuviladi, quritiladi va analitik tarozida tortiladi. So'ngra katodni kulonometrda tushirib tajriba boshlanadi, shu bilan bir vaqtda tok ulanadi va sekundomer yurgiziladi. Tajriba 10-15 minut davom ettiriladi. Agar tajriba vaqtida tok kuchi pasayishni boshlasa, unda reostat yordamida boshlang'ich darajada tutib turiladi. Tajriba tugagach tok o'chirilib, sekundomer to'xtatiladi, katod elektrolitdan chiqariladi, distillangan suv bilan yuviladi, quritiladi va o'lchanadi. Aniq natijalar olish uchun tajriba 3 marta bajariladi. Olingan natijalar jadvalga yoziladi.

Tajribada olingan qiymatlar	1	2	3

Kulonometrda tokkuchi.			
Elektroliz vaqti, sek.			
Tajribadan oldingi katodmassasi			
Tajribadankeyingi katod massasi			
Ajralgan moddaning miqdori, g			
Elektrokimyoviy ekvivalent, E			
O'rtacha qiymat, E			

Ishning hisoboti. 1. Kulonometr sxemasini chizing. 2. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini hisoblang.

Nazorat savollari

1. Faradey qonunlarining mohiyati nimada?
2. Nima uchun natriy xlorid suyuqlanmasi elektrolizida natriy metalli va xlor gazi, eritmasi elektrolizida esa vodorod va xlor gazi ajraladi?
3. Sulfat kislota eritmasi elektroliz qilinganda qanday mahsulotlar olinadi?
4. Temir, nikel va ruxning elektrokimyoviy ekvivalentlarni aniqlang?
5. Nima uchun elektroliz unumi 100 % ni tashkil etmydi?

7-LABORATORIYA ISHI

VODOROD IONLARINING KONSENTRATSIYASINI O'LCHASH

Suv qisman bo'lsada vodorod va gidroksil ionlariga dissotsilanadi:



Eritmada H^+ ioni gidratlangan holatda, ya'ni gidroksoniy kationi H_3O^+ ko'rinishida bo'ladi. Massalar ta'siri qonuniga muvofiq suvning dissotsilanish konstantasi quyidagicha ifodalanadi:

Suvning $25^{\circ}C$ dagi dissotsilanish konstantasining qiymayi $1,8 \cdot 10^{-16}$ ga teng.

Suvdagi ionlarning konsentratsiyalari juda kichik bo'lganligi uchun dissotsilanmagan suv molekulalarining konsentratsiyasini uning 1 litridagi umumiy konsentratsiyasiga teng deb olish mumkin, ya'ni: $[H_2O] = 1000/18 = 55,56 \text{ mol/l}$
Formuladan: $55,56 K = [H^+][OH^-]$, K ning qiymatini qo'ysak:

$55,56 \cdot 1,8 \cdot 10^{-16} = 1 \cdot 10^{-14}$ yoki $[H^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$ kelib chiqadi. Shunday qilib, doimiy temperaturada suvdaga H^+ va OH^- erkin ionlar konsentratsiyasining ko'paytmasi doimiy qiymatga ega bo'lib, bu qiymat suvning ion ko'paytmasi (K_{suv}) deyiladi, uni suvning dissotsilanish konstantasi (K) bilan almashtirmaslik kerak. Toza suvda va neytral eritmalarda H^+ va OH^- ionlarining konsentratsiyalari quyidagicha tarzda bo'ladi: $[H^+] = [OH^-] = K_{\text{suv}} = 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ g-ion/l}$

Kislotali eritmalarda vodorod ionlarining konsentratsiyasi $1 \cdot 10^{-7} \text{ g-ion/l}$ dan ko'p, ishqoriy eritmalarda $1 \cdot 10^{-7} \text{ g-ion/l}$ dan kam bo'ladi. Masalan, $0,0001N$ kislota eritmasida dissotsilanish darajasi $\alpha = 1$ bo'lsa, bunda $[H^+] = 1 \cdot 10^{-2}$ bo'ladi, OH^- ionlarining konsentratsiyasini esa quyidagi formula bo'yicha oson aniqlash mumkin:

$$[H^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \text{ bundan } [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} / 1 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ g-ion/l}$$

Vodorod ionlari konsentratsiyasini miqdoriy jihatdan ifodalash uchun, odatda qulay bo'lishi uchun H^+ ionlari konsentratsiyasi o'rniga uning manfiy ishora bilan olingan o'nli logarifmidan foydalaniladi. Bu qiymat vodorod ko'rsatkich deb ataladi va pH bilan belgilanadi: $pH = -\lg [H^+]$

Masalan, agar $[H^+] = 1 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion/l}$ bo'lsa, $pH = 4$ bo'ladi.

Vodorod ioni yoki gidroksil ioni konsentratsiyasini titrlash usullari bilan aniqlash mumkin emas. Vodorod ionlarining konsentratsiyasini aniqlashda eng ko'p qo'llaniladigan usullarga elektrometrik, kalorimetrik va indikatorli usullar kiradi.

Elektrometrik usulda pH ni aniqlash

Elektrometrik usullarga asoslanib vodorod ionlarining konsentratsiyasini o'lchash konsentratsion zanjirning elektr yurituvchi kuchini aniqlashga asoslanadi. Bunda ionlarning eritmadagi konsentratsiyasi haqida indikator elektrod va standart elektrod(solishtirish elektrodi)lar orasidagi potentsiallar farqini aniqlash yordamida xulosa chiqariladi (kompensatsion usul). Indikator elektrod sifatida shisha elektrod, standart elektrod sifatida esa xlorkumushli elktrodlardan foydalaniladi. Uning potentsiali doimiy bo'lib, 201 mv ga teng.

Ishning maqsadi. Ionomer yordamida vodorod ionlarining konsentratsiyasini aniqlash usuli bilan tanishish.

Tabiiy suvning pH qiymatini aniqlash

Tabiiy suv ko'pincha ishqoriy muhitga ega bo'lib, potensiometr usul bilan uning muhitini aniqlashda suvning rangi, undagi oksidlovchi va qaytaruvchilar, muallaq zarrachalar analizga xalaqit bermaydi.

Kerakli asbob va reaktivlar. pH-metr, millivoltmetr yoki ionomer И-130, ЭСЛ-43-07 yoki ЭСЛ-63-07 shisha elektrodlar, xlorkumushli ЭБЛ-1М3 elektrodi, termokompensator yoki termometr, 100 yoki 200 ml li stakanlar, pH qiymati aniq bo'lgan standart bufer eritmalar.

Ishning borishi. pH-metr yoki ionomer bilan eritma pH ini aniqlash juda qulay va oson bo'lib, ishlatiladigan asbob sozlangan bo'lsa har ikki-uch minutda bitta eritmaning pH qiymatini aniqlash mumkin. Ionomerni sozlash ham uncha murakkab bo'lmay bir oz vaqt talab qiladi. Buning uchun avval standart eritmalar tayyorlash kerak. Masalan, 25⁰C da 0,05 M kaliy tetraoksalat eritmasining pH qiymati 1,68; kaliy gidrotartrat to'yingan eritmasiniki 3,56; 0,01 M natriy tetraborat eritmasining pH qiymati esa 9,18 ga teng bo'ladi. Bu moddalarning aniq o'lchab olingan miqdorlari shisha ampula (fiksanal)larda sotuvga chiqariladi. Ampuladagi modda ko'rsatilgan hajmdagi suvda eritilsa, doimiy pH qiymatiga ega bo'lgan eritma tayyor bo'ladi. Ionomer uzoq vaqt mobaynida ishlatilmagan bo'lsa, shisha elektrodni bir sutka davomida 0,1 M xlorid kislota eritmasiga botirib qo'yish kerak. Xlorkumushli elektrodni tayyorlash uchun esa yaxshilab yuvib, unga kaliy xloridning to'yingan eritmasidan quyiladi.

Ionmerni sozlash uchun bufer eritmalardan biri stakanga quyilib, unga elektrodlar tushiriladi. Termokompensator ulangan bo'lsa, harorat dastasi "avt" holatida, termometrdan foydalanganda esa harorat dastasi "ruchn" holatiga keltiriladi, temperatura o'lchanadi va asbobda ham tegishli harorat o'rnatiladi. Ionomerning pX dastasi bilan olingan eritmaning pH qiymati tabloda chiqariladi.

Eritma ionomer shtatividan olinib, elektrodlar distillangan suv bilan yuvilib, filtr qog'ozi bilan quritiladi. Keyin uning o'rniga pH qiymati aniq bolgan boshqa eritma qo'yiladi va "krutizna" dastasi bilan bu eritmaning ham pH qiymati tabloda o'rnatiladi. Daslabki eritmaning pH qiymati yana qayta tekshirib ko'riladi. Agar qiymatlar mos kelsa(ionomer sozlangan holatda), istalغان eritmaning pH qiymatini aniqlash mumkin. Eritmadagi vodorod ionlarining qiymatini $pH = - \lg [H^+]$ formuldan foydalanib topiladi.

Ishning hisoboti. Suvning pH qiymatini aniqlash va vodorod ionlari konsentratsiyasini hisoblash.

Nazorat savollari

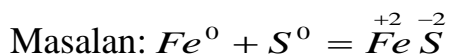
1. Vodorod ko'rsatkich nima?
2. Agar vodorod ionlarining konsentratsiyasi 10^{-5} ga teng bo'lsa, pH qiymati nechaga tengligini hisoblang.
3. Vodorod ionlarining konsentratsiyasi 10^{-9} ga teng, berilgan eritmadagi gidraksil ionlarining konsentratsiyasi qanchaga teng bo'ladi?
4. Eritmaning kislotaliligi yoki ishqoriyligi nimaga bog'liq?
5. Nima uchun titrlash yordamida vodorod ionlarining konsentratsiyasini aniqlash mumkin emas?

8-LABORATORIYA ISHI

OKSIDLANISH-QAYTARILISH REAKSIYALARI

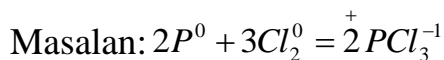
Nazariy qism

Reaksiya vaqtida elektronlarning bir atomdan (iondan) boshqasiga o‘tishi natijasida reaksiyaga kirishuvchi moddalar tarkibidagi elementlarning oksidlayish darajasini o‘zgarishi bilan boradigan reaksiyalarga oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari deyiladi.

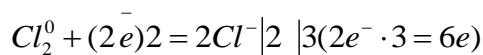
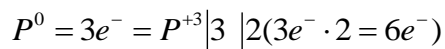


Bu reaksiyada temir atomi ikki elektron bergani uchun temirning oksidlanish darajasi noldan +2 gacha ortadi. Oltinugurt atomi esa ikki elektron biriktirib olgani uchun uning oksidlanish darajasi noldan -2 gacha kamayadi.

Elektronlar berish prosessi **oksidlanish**, aksincha, elektronlar biriktirib olish prosessi **qaytarilish** deb ataladi. Bu ikkala proses sistemada doimo bir vastda boradi va oksidlanish jarayonida berilgan elektronlar soni bilan qaytarilish jarayonida biriktirib olingan elektronlar soni o‘zaro teng bo‘ladi.

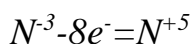
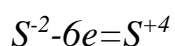
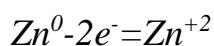


Bunda har bir fosfor atomi uchta elektron beradi, har bir xlor atomi esa bittadan elektron biriktirib oladi. Shuning uchun oksidlanish va qaytarilish proseslarining elektron tenglamalari quyidagicha yoziladi:

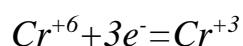
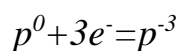


Shunga ko‘ra R ning oldiga 2 va Sl ning oldiga 3 qo‘yiladi. Oksidlangan element atomi yoki ioni qaytaruvchi, qaytarilganm esa oksidlovchi bo‘ladi. Oksidlanish jarayonida elemenslarning oksidlanish darajasi; ortadi, qaytarilish jarayonida esa kamayadi:

Qaytarilish jarayoni



Oksidlanish jarayoni

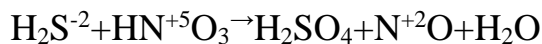


Oksidlanish-kaytarilish reaksiyalarining tenglamalari elektronlar balans usuli yoki ion-elektron (yarim reaksiya) usuli bilan tenglashtiriladi.

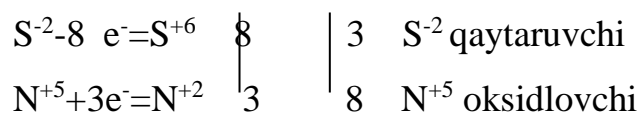
1. **Elektron balans usuli.** Bu usul oksidlovchi biriktirib oladigan elektronlar soni qaytaruvchi beradigan elektronlar soniga teng bo‘lishi kerak degash qoidaga asoslangan.



Reaksiyadan oldin va reaksiyadan keyin oksidlanish darajasi o'zgargan elementlarning oksidlanish darajasini topib, har qaysi element belgisi ustiga yozib qo'yamiz.



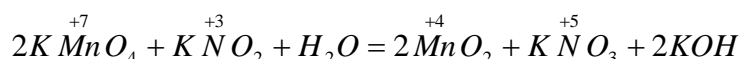
Oksidlovchi bilan qaytaruvchinn aniqlab, yuqoridagi qoidaga asosan reaksiyaniig elektronlar balans, tenglamasini tuzamiz



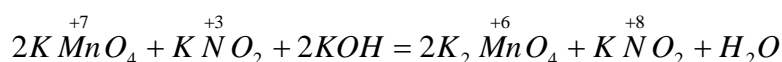
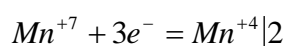
Elektronlar balansi tenglamasi orqali topilganeng kichik ko'paytuvchi sonlarni oksidlovchi bilan qaytaruvchi moddalar oldiga koeffisiyentlar qilib qo'yib, tenglamani tenglashtiramiz:



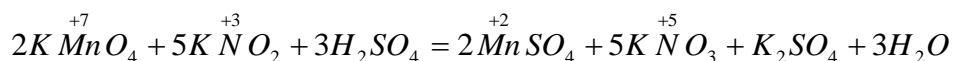
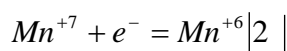
Oksilanish – qaytarilish reaksiyalarining eritma muhitiga bog'liqligi. Biror qaytaruvchi moddaga, masalan kaliy nitrit KNO_2 ning neytral, ishqoriy va kislotali muhitga ega bo'lgan uch xil sharoitdagi eritmasiga $KMnO_4$ eritmasi ta'sir ettirilsa, $KMnO_4$ ning qaytarilishidan hosil bo'lgan reaksiya mahsulotlari turlicha bo'ladi.



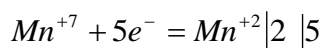
Neytral muhitda: $N^{+3} - 2e^- = N^{+5} | 3$



Ishqoriy muhitda: $N^{+3} - 2e^- = N^{+5} | 1$

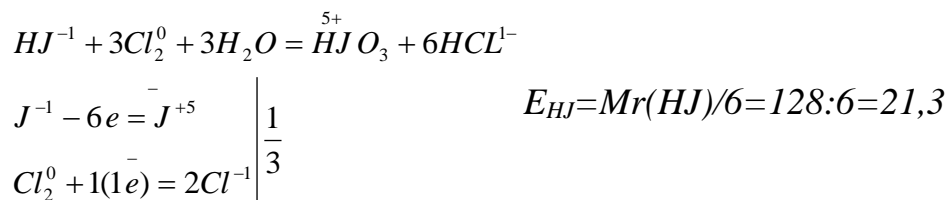


Kislotali muhitda: $N^{+3} - 2e^- = N^{+5} | 5$



Boshqa turdagi reaksiyalar kabi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ham ekvivalentlar qonuniga bo'ysunadi. Oksidlanish -qaytarilish prosessida oksidlovchi moddaning ekvivalentiga **oksidlanish ekvivalenti**, qaytaruvchi moddaning ekvivalentiga **qaytaruvchanlik ekvivalenti** deyiladi

Oksidlanish yoki qaytarilish ekvivalenti geaksiya jarayonida oksidlovchi biriktirib oladigan yoki qaytaruvchi beradigan elektronlar soniga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun oksidlanish yoki qaytarilish ekvivalenti oksidlovchining yoki qaytaruvchining nisbiy molekulyar massasini ayni reaksiyada 1 mol oksidlovchi oksidlanganda biriktirib oladigan yoki 1 mol qaytaruvchi qaytarilganla beradigan elektronlar soniga bo‘lish orqali topiladi. Masalan:



Tajribalarning bajarilishi.

Kerakli reaktivlar va asboblari:

- a) probirkalar; cho‘p gaz gorelkasi
- b) asbestlangan to‘r; shtativlar
- v) KJ, xlorli suv; distillangan suv, KMnO₄, Na₂SO₃, H₂SO₄ {0,1 n eritmalari)
- NaOH (kons. eritmasi) K₂Cr₂O₇ (0,1 n eritmasi) KNO₂ (0,5 n eritmasi)
- (NH₄)₂Cr₂O₇ tuzi, 3% li H₂O₂ eritmasi, MnO₂ kristallari, H₂S eritmasi.

1-tajriba. Galogenlarning oksidlovchilik xossalari.

a) Probirkaga 2-3 ml 0,25 n. KJ eritmasidan qo‘ying va unga 2-3 ml xlorli suv (Cl₂+ag) qo‘shing. Erntma rangining o‘zgarishini kuzating va sababini tushuntiring. Reaksiya tenglamasini yozing va oksidlovchi bilan qaytaruvchilarni ko‘rsating.

b) Probirkaga 2-3 ml 0,25 n KJ eritmasidan quyung va unga to eritma rangi uzgarguncha tomchilatib vodorod sulfidli suv qo‘shing. Reaksiya natijasida oltingugurt loyqasi hosil bo‘lishini kuzating. Reaksiya tenglamasini yozing va oksidlovchi bilan qaytaruvchilarni ayting.

2-tajriba. Oksidlanish-qaytarilish prosessiga mihitning ta’siri. Uchta probirkaga 2-3 ml.dan 0,1 n. KMnO₄ va 0,1 n. Na₂SO₃ eritmalaridan quyung. Probirkalardan biriga 2-3 ml 2 n, H₂SO₄, ikkinchisiga 2-3 ml distillangan suv, uchinchisiga esa 2-3 ml ishqorning konsentrlangan eritmasidan qo‘shing va probirkalarni chayqatib aralashtiring. Kislotali, neytral va ishqoriy muhitlarda probirkalardagi eritmalar

rangining o'zgarishini kuzating va har qaysi muhitdagi eritma uchun tegishli reaksiya tenglamalarini tuzing. Oksidlovchi bilan qaytaruvchini ko'rsating.

Qaysi muhitda KMnO_4 ning oksidlanish xossasi, kuchliroq namoyon bo'ladi.

3-tajriba. Kaliy nitrit KNO_2 ning qaytaruvchi va oksidlovchi xossalari.

a) Probirkaga 1-2 ml 0.5 n $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ eritmasidan quyding va uning ustiga 2-3 ml H_2SO_4 bilan 2-3 ml 0,5 n. KNO_2 eritmalaridan qo'shing. Probirkani sekin kizdiring va eritma rangining o'zgarishini kuzating.

To'q sariq rangli Cr^{6+} ionining ko'k yashil tusli Cr^{3+} ioniga aylanishini e'tiborga olib, reaksiyaning molekulyar va ion-elektron tenglamalarini tuzing. Tenglamani tenglashtiring va oksidlovchi bilan qaytaruvchilarni ko'rsating.

b) Probirkaga 1-2 ml KNO_2 eritmasidan quyding va uning ustiga 2-3 ml H_2SO_4 bilan 2-3 ml KI eritmalaridan qo'shing. Probirkadagi eritma rangining qizil qo'ng'ir tusga aylannishi, unda I_2 molekullari hosil bo'lishini bildiradi. Probirkaning orqasiga bir varaq oq qog'oz qo'yib, eritmadan ajralayotgan gaz raigining probirkadan chiqish oldida o'zgarishini ko'ring.

Bu qanday gaz? Reaksiya tenglamasini yozing va uni tenglashtiring. Bu reaksiyada KNO_2 oksidlovchimi yoki qaytaruvchimi?

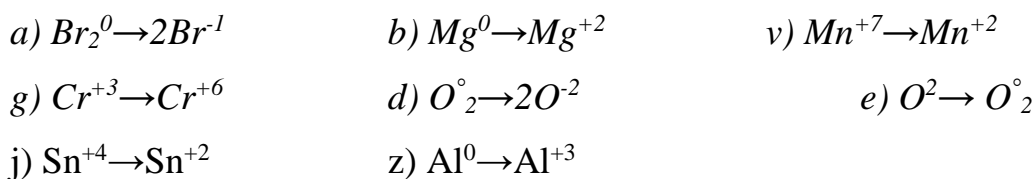
4-tajriba. Molekulalar ichida sodir bo'ladigan oksidlaning qaytarilish reaksiyalari. Asbestlangan tur ustiga $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ tuzi kristalidan 1-2 gr qo'yib, uni to reaksiya boshlanguncha kizdiring. Reaksiya natijasida xrom (III)-oksid, azot va suv bug'lari hosil bo'lishini nazarda tutib, reaksiya tenglamasini yozing. Oksidlovchi bilan qaytaruvchilarni kursating.

5-tajriba. O'z-o'zidan oksidlanish va qaytarilish reaksiyasi. Probirkaga 2-3 ml 3% li H_2O_2 eritmasidan quyding va unga katalizator sifatida MnO_2 kristallaridan ozgina soling. Probirkaga tezlik bilan cho'g'langan cho'pni tushiring, nima kuzatiladi?

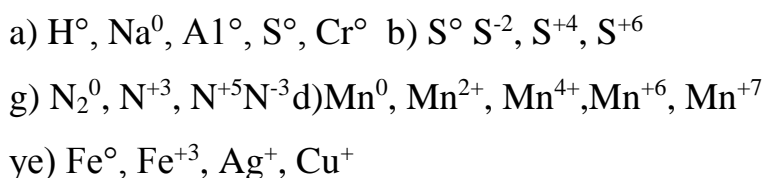
Vodorod peroksidning katalizator ishtirokida parchalanish reaksiyasi tenglamasini yozing. Nima uchun bu reaksiya o'z-o'zidan oksidlanish va qaytarilish reaksiyasi deyiladi?

Mustaqil ta'lim uchun savollar va mashqlar

1. Quyidagi o'zgarishlarning qaysi birida oksidlanish va qaysi birida qaytarilish proseslari sodir bo'ladi:



2. Quyidagi neytral atom va ionlarning qaysilaryu oksidlovchi, qaysilari qaytaruvchi, qaysilari ham oksidlovchi ham qaytaruvchi bo'ladi



3. Quyidagi moddalardan qaysilari faqat oksidlovchi, qaysilari faqat qaytaruvchi ekanligini ko'rsating:



9-LABORATORIYA ISHI

Elektrolitlarning Dissotsialnash nazariyasi. Ionli tenglamalar.

Nazariy qism

Elektrolitlarning (asos, kislota, tuzlarning) molekulari suvda eriganda zaryadlangan zarrachalarga ajraladi. Bu xodisaga elektrolitik dissosiasiyadeyiladi. Musbat zaryadlangan ionlarni kationlar, manfiy zaryadlangan ionlarni esa anionlar leyiladi.

Dissosialangan elektrolitlarning molekular sonini eritilgan molekular soniga nisbati elektrolitning **dissosiasiya darajasi** deyiladi. Odatda dissosiasiya darajasi α bilan belgilanib, u prosentlarda (foizlarda) ifodalanadi. Masalan: KCl suvda eriganda uning har 100 ta molekulasidan 85 tasi dissosialanganda:

$$\alpha = n/N$$

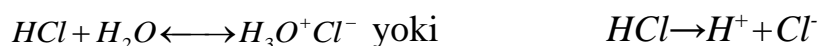
N - erigan modda molekulari soni; n - dissosilangan molekular soni.

$$\alpha = 85/100 = 0,85$$

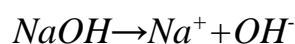
demak, erigan molekullarning 0,85 qismi ionlangan bo‘ladi. Agarda 0.85 ni 100 ga ko‘paytirsak $0,85 \cdot 100$ dissosiasiya darajasi 85% li bo‘ladi. Dissosiasiya darajasi elektrolit va erituvchi tabiatiga hamda eritmaning konsentrasiyasiga va temperaturaga bog‘liq. Dissosiasiya darajasiga qarab elektrolitlarni kuchli, o‘rtacha kuchli va kuchsiz elektrolitlarga bo‘linadi. Kuchli elektrolitlarning dissosiasiya darajasi 30% dan ortiq, o‘rtacha elektrolitlarniki 2% dan 30% ga-cha, kuchsiz elektrolitlarniki 2% dan kam bo‘ladi (bu hodisa ko‘pincha 0,1 n eritmalarda ko‘zatiladi).

Eritma suyultirilsa, uning dissosiasiya darajasi ortadi. Shuning uchun, elektrolitlarning kuchlarini bir-biriga soliiipirishda ularning bir xil normal konsentrasiyadagi eritmalarini olish kerak. Elektrolit eritmalarining elektr o‘tkazuvchanligiga hamda ba’zi reaksiyalardagi kimyoviy aktivligiga qarab, elektrolitning nisbiy kuchi haqida xulosa chiqarish mumkin.

Kislota va asoslar suvdagi eritmalarining xossalari ular dissosilangan ionlarining xossalariga bog‘liq. Kislotalar, asoslar kuchli, o‘rtacha kuchli, kuchsiz elektrolitlarga bo‘linadi. Tuzlarning deyarli hammasi kuchli elektrolitlardir. Kislotalar suvdagi eritmalarida dissosiyalanganda kation sifatida faqat vodorod ionlarini hosil qiladi.

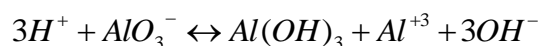


Asoslar esa suvdagi eritmalarida anion sifatida faqat OH^- ionlarini hosil qiladigan elektrolitlardir:



Dissosiasiya natijasida muhitga qarab vodorod yoki gidroksil ionlarini hosil qiluvchi elektrolitlar ham ma’lum, bunday elektrolitlarga amfoter elektrolitlar deyiladi. Ularga qo‘yidagilar misol bo‘ladi; $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Cr(OH)_3$.

Masalan; $Al(OH)_3$ ning xossasini kuzatsak,

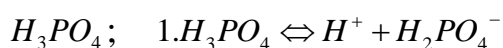


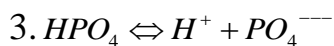
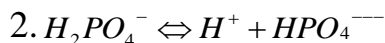
Ishqorli muhitda

kislotali muhitda

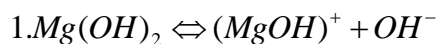


Ko‘p negizli kislotalar, asoslar bosqichli dissosilanadi. Masalan fosfat kislota

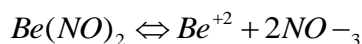
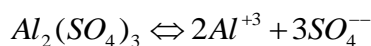
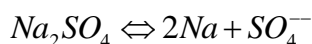




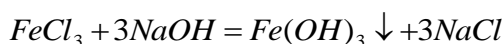
Dissosiyasiya 1- bosqichda kuchli, 2-bosqichda biroz kuchsizlangan, 3-bosqichda esa kuchsiz. Bosqichli dissosiyalanish asoslarga ham xosdir, masalan magniy asosi $Mg(OH)_2$;



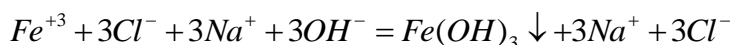
Tuzlarning dissosiyalanishi qo‘yidagicha kechadi. Masalan;



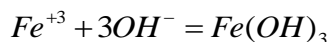
Dissosiyaning bosqichli bo‘lishi nordon va gidrooksi tuzlarning hosij bo‘lishiga imkon beradi. Elektrolitlarning eritmalari o‘zaro ta’sir etganda reaksiya erigan moddalarning ionlari orasida boradi. Ionlar orasida boradigan reaksiyalar kam eruvchi yoki kam dissosiyalanuvchi moddalar hosil bo‘luvchi moddalar tomon siljigan bo‘ladi. Bunday reaksiyalarning tenglamalarini molekulyar va ionli ko‘rinishda yozish mumkin.



Ionli ko‘rinishda;



Ionli tenglama kimyoviy reaksiyaga qatnashmagan Na^+ va Cl^- ionlarini chiqarib tashlasak, reaksiya soddalashadi va qisqartirilgan shaklda;



Demak, ionli tenglama, ushbu reaksiyani analga oshirishda qaysi ionlarning o‘zaro ta’sirlanishi asosiy vazifani bajarishini ko‘rsatadi.

Tajribalarning bajarilishi.

1-tajriba. Uchta probirkaga $FeCl_3$ eritmasidan olib, bittasiga $NaOH$, ikkinchisiga KOH , va uchinchisiga $Ca(OH)_2$ eritmalaridan ta’sir qiling. Natijada har uchala

probirkada ham qo‘ng‘ir rangli cho‘kma $\text{Fe}(\text{OH})_3$ tushishi kuzatiladi. Reaksiyalar tenglamalarini molekulyar, to‘liq ionli va qisqartirilgan ionli ko‘rinishda yozing.

2-tajriba. Uchta probirkaga oz-ozdan NaCl , NH_4Cl , FeCl_3 tuzlarining eritmalaridan olib, uchallasiga ham $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ eritmasini ta’sir qiling. Yana uchta probirkaga yuqorida nomlari keltirilgan tuzlar eritmalaridan olib $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ tuzining eritmasidan ta’sir qiling. Barcha probirkalarda oq rangli cho‘kma PbCl_2 tushishi ko‘zatiladi. Reaksiyalar tenglamalarini molekulyar va ionli ko‘rinishda yozing.

3-tajriba. BaCl_2 yoki $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ tuzlarining eritmalaridan probirkalarga olib, ularning ustiga Na_2SO_4 , CuSO_4 va NiSO_4 tuzllarining eritmalarini ta’sir qiling. Hamma probirkalarga oq BaSO_4 cho‘kmasini tushishini kuzating. Reaksiya tenglamalarini molekulyar va ionli ko‘rinishda yozing.

Mustaqil ta’lim uchun savollar va mashqlar

1. Elektrolitik dissosiasiya nazariyasida qanday fikrlar bayon etilgan?
2. Dissosiasiya darajasi nima, unga qanday omillar ta’sir etadi?
3. Elektrolitik dissosiasiya nuqtai nazaridan kislota, asos va tuzlarga qanday ta’rif beriladi?
4. Cho‘kma, gazsimon va kam dissosilanadigan modda hosil bo‘ladigan bittadan reaksiya tanlab, ularning tenglamalarini molekulyar, ionli va qisqartirilgan ionli ko‘rinishda yozing?

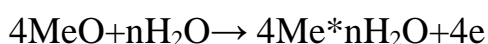
10-LABORATORIYA ISHI

Metallarning suvdagi va tuzlarning suvdagi eritmalaridagi korroziyasi

Kerakli jihozlar: U-simon shisha naylar, rux va temir plastinkalar, mis, rux, temir simlar, chinni kosacha.

Eritmalar: NaCl ning 3% li eritmasi, fenolftalein eritmasi, 200 ml suvdagi 0,2g qizil qon tuzi $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ eritmasi.

Ishning bajarilishi. Suvda va neytral suvli eritmalarda korroziya kislorod ishtirokida anoda boradi.



Katoda esa $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$

Katod atrofida gidroksid ionlari to`planadi.

1-tajriba. Chinni hovanchaga NaCl ning 3% li eritmasi solinadi va unga 5-6

tomchi fenolftalein eritmasi qo`shiladi. Eritmaga qum qog`ozi bilan tozalangan rux sim bilan (yoki tor lentasi bilan) o`ralgan mis botiriladi. 2-3 minutdan keyin mis qog`ozida pushti rang hosil bo`ladi, bu gidroksid ionlarining to`planishidan dalolat beradi.

2-tajriba. Mis tayoqcha o`rniga temir mix olinadi va unga rux sim o`raladi.

1-tajribada kursatilgan eritmaga botirilganda temir katod atrofida ham pushti rang hosil bo`lishi kuzatiladi.

3-tajriba. Ikki metalning kontaktida katod va anod qismlarini topish uchun

NaCl ni 3% li eritmasiga qizil qon tuzi $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 0,2 ni 200ml suvda eritmada hosil bo`lgan eritmasidan bir necha tomchi va bir necha (5-6)tomchi fenalftalen eritmasidan qo`shiladi. So`ngra eritmaga temir sim bilan o`ralgan mis tayoqcha botiriladi. Mis atrofida 2-3 minutdan keyin qizil rang temirda esa to`q ko`k rang paydo bo`ladi. Bu yerda temir-anod bulib eritmaga Fe^{2+} ionlari o`tadi va $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ bilan o`zaro ta`sirlashib turunbul ko`ki tuzi $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ hosil qiladi ko`k rangning paydo bo`lishi eritmada temir ionlari temirni erish (korroziyasi) natijasida hosil bo`lishni pushti rangda esa gidroksil ionlarining to`planishini ko`rsatadi. Bu gidroksid ionlar kislorodning katodda qaytarilishi hisobiga hosil bo`ladi.

Ishning hisoboti: Har bir tajribaning natijalari yoziladi va tushintirib beriladi.

Kerakli jihozlar: U-simon shisha naylar: rux va temir plastinkalar: mis, rux, temir simlar: chinni kosacha, stakan urotropin, suv, vodorod xlorid, spirt lampa

Tajriba: Uchta stakanning har qaysiga NH_4Cl dan 80-100 mldan qo`yiladi. 1- chi stakanga 1 gr urotropin, 2- chiga 2 gr jeletina qo`shiladi. 3- sigaga hech narsa qo`shikmaydi. Kontrol uchun qoldiriladi. Stakandagi eritmalar shisha tayoqcha yordamida yaxshilab aralshtiriladi. Shundan keyin stakanlar termostatga qo`yiladi. Stakandagi eritmalar temperaturasi 60°C ga yetgandan keyin stakan qopqog`idagi ilmoqqa po`lat plastinka element stakanga tushuriladi.

Po'lat plastinka ilgariroq jilvir qog'ozi bilan yaltiratib tozalangan atseton yoki spirda ho'llangan paxta bilan artilgan va analitik tarozida tortilgan bo'ladi . 3 soatdan keyin plastinkalar (iloji boricha baravariga) eritmada chiqarib olinadi , suv bilan yuviladi . Spirt bilan ho'llab ishqalanadi va analitik tarozida tortiladi . Tajribadan olingan ma'lumotlar jadvalga yoziladi.

Tajriba sharoiti	Plastinkaning og'irligi		Plastinka og'irligi ning qancha kamaygani g hisobida	Plastinka sathi sm^2 hisobida	Erish tezligi, $\text{g}/\text{sm}^2 \cdot \text{soat}$
	Tajribadan olingan g hisobida	Tajribadan keyingi g hisobida			
Toza kislota					
Urotropin.....					
qo'shilgan kislota					
Jelatina qo'shilgan kislota					

Tajriban chiqqan ma'lumotlardan foydalanib , ingibitorlarning saqllovchi ta'siri hamda tormozlovchi effekti tormozlash koeffisienti (1) va (2) tenglamalar yordamida hisoblab topiladi .

Nazorat savollari va vazifalari:

1. Metallar korroziyasini keltirib chiqaruvchi omillar nima?
2. Metallarni korroziyadan himoyalashda qaysi tuzlardan foydalanish mumkin?
3. Potensialning korroziya tokiga bog'liqligi haqidagi fikrlaringiz.
4. Ingibitorlar samaradorligini elektrokimyoviy o'rganish deganda nimalarni tushunasiz?

BOBLAR YUZASIDAN TESTLAR

1. Elektrokimyoning o'rganish ob'ekti-

A.*ionli sistemalar (ikkinchi tur o'tkazgichlar) va fazalar orasidagi chegara

sirtida yuz beradigan hodisalarni

B.Faqat ionli sistemalarni

C.zaryadlangan zarrachalarni tashib o'tish mexanizmi

Д.Faqat fazalar orasidagi chegara sirtida yuz beradigan hodisalarni fazalar chegarasining strukturasi.

2.*Gidratlar nazariyasi bilan elektrolitik dissotsilanish nazariyasi bilan bog'lash kerakligini birinchi marta kim aytgan?

A.Kabluikov

B.Arreniys

C.Le-Shatel'e

Д.M.lomonosov

3.Moddalarning elektr o'tkazuvchanligini qanday ifodalanadi?

A.*Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki elektr o'tishiga ko'rsatgan qarshiligi bilan ifodalash mumkin

B.Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki yuzasi bilan ifodalash mumkin

C.Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki elektrod uzunligi bilan ifodalash mumkin

Д.Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki solishtirma qarshiligi bilan ifodalash mumkin

4.Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik-

A.*bir-biridan 1 sm uzoqlikdagi elektrodlar o'rtasida joylashib, tarkibida 1 ekvivalent erigan modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligidir.

B.bir-biridan 0,1 sm uzoqlikdagi elektrodlar o'rtasida joylashib, tarkibida 1 ekvivalent erigan modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligidir.

C.bir-biridan 1 sm uzoqlikdagi elektrodlar o'rtasida joylashib, tarkibida 0,1 ekvivalent erigan modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligidir.

D.bir-biridan 1 sm uzoqlikdagi elektrodlar o'rtasida joylashib, tarkibida 1 gramm erigan modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligidir.

5.Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik-

A.*bir-biridan 1 sm oraliqda joylashgan 1 sm² yuzali ikki tekis elektrodlar o'rtasida joylashgan suyuqlikning elektr o'tkazuvchanligidir

B.bir-biridan 1,0 sm oraliqda joylashgan 0,1 sm² yuzali ikki tekis elektrodlar

oʻrtasida joylashgan suyuqlikning elektr oʻtkazuvchanligidir

C. bir-biridan 0,1 sm oraliqda joylashgan 1 sm² yuzali ikki tekis elektrodlar

oʻrtasida joylashgan suyuqlikning elektr oʻtkazuvchanligidir

D. bir-biridan 1 sm oraliqda joylashgan 0,1 sm² yuzali ikki tekis elektrodlar

oʻrtasida joylashgan suyuqlikning elektr oʻtkazuvchanligidir

6. Elektroliz-bu

A.* Elektr taʼsirida elektrolit eritmalarda yoki suyuqlanmalarda boradigan oksidlanish-qaytarilish jarayonidir.

B. Elektrodlarda sodir boʻladigan elektrokimyoviy reaksiyalardir

C. Elektroliz elektr toki taʼsirida erish demakdir.

D. Elektr taʼsirida elektrolit eritmalarda yoki suyuqlanmalarda boradigan faqat oksidlanish jarayonidir

7. Erimaydigan elektrodlar-....

A.* Erimaydigan elektrodlar kimyoviy jarayonda ishtirok etmaydi, ular faqat elektron oʻtkazgich vazifasini oʻtaydi).

B. Eriydigan elektrodlar kimyoviy jarayonda ishtirok etadi, ular faqat elektron oʻtkazgich vazifasini

oʻtaydi).

C. Erimaydigan elektrodlar kimyoviy jarayonda ishtirok etadi, ular faqat elektron oʻtkazgich vazifasini oʻtaydi).

D. Erimaydigan elektrodlar kimyoviy jarayonda ishtirok etmaydi, ular faqat oksidlash vazifasini oʻtaydi).

8. Eriydigan elektrodlar-....

A.* Ularga grafit, platina, oltin metallardan boshqa hamma metall elektrodlar kiradi.

B. Faqat grafit, platina, oltin metallari

D. Ularga grafit, platina, oltin metallari va boshqa hamma metall elektrodlar kiradi.

C. Ularga faqat oltin metallardan boshqa hamma metall elektrodlar kiradi.

9. Faradey qonunlarining taʼrifi qaysi javobda toʻgʻri koʻrsatilgan?

A.* Elektroliz jarayonida elektrodlarda ajralib chiqadigan modda miqdori elektrolitdan oʻtgan elektr miqdoriga toʻgʻri proporsionaldir

B. Elektrodlarda ajralgan modda miqdori elektrolit eritmasidan oʻtgan elektr toki miqdoriga teskari proporsionaldir;

C. Har xil elektrolitlarning eritmalaridan bir xil miqdordagi elektr toki oʻtkazilganda, elektrodlarda ajralib

chiqadigan moddalarning massasi ularning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri proporsional bo'ladi;

D. Har xil elektrolitlarning eritmalaridan bir xil miqdordagi elektr toki o'tkazilganda, elektrolarlarda ajralib chiqadigan moddalarning massasi ularning kimyoviy ekvivalentlariga teskari proporsional bo'ladi;

10. Na₂SO₄ eritmasi elektroliz qilinganda elektrolarlarda qanday moddalar ajralib chiqadi?

- A. *vodorod va kislorod;
- B. natriy va oltingugurt (VI) oksid
- C. natriy va kislorod;
- D. vodorod va sulfat anhidrid.

11. Metallar qatorini ko'rsating?

- A. *Al, Ba, Zn
- B. H₂ SO₄, NaOH, Ca(OH)₂
- C. BaSO₄, CaCl₂, P₂O₅
- D. NaOH, H₂SO₃, BaCl₂

12. Kislotalarni ko'rsating

- A. *HCl, HNO₃, H₃PO₄
- B. H₂SO₄, Mg(OH)₂, SiO₂
- C. LiHSO₄, NaCl, Al(OH)SO₄
- D. NaCl, HNO₃, H₃PO₄

14. Natriy gidroksid suyuqlanmasi elektroliz qilinganda, katodda va anodda qanday moddalar hosil bo'ladi?

- A. *natriy va kislorod

B. natriy va vodorod

C. natriy va suv

D. suv va kislorod

15. 10 mol uglerod dioksidi hajmi qanday?

- A. *224 l
- B. 6712l
- C. 4428l
- D. 1512l

16. Osh tuzi eritmasi elektroliz qilinganda, katod va anodda qanday moddalar ajralib chiqadi?

- A. *vodorod va xlor
- B. natriy va vodorod
- C. natriy va kislorod
- D. natriy va xlor

17. Osh tuzi eritmasidan qanday qilib natriy metalini olish mumkin?

- A. *vodorod va xlor;
- B. vodorod va kislorod;
- C. kislorod va xlor;
- D. vodorod va natriy;

18. Kaliy, rux, mis, temir va oltin xloridlarining suvli aralashmasi elektroliz qilinganda katodda qaysi metall birinchi qaytariladi?

- A. *Oltin
- B. Kaliy
- C. Rux
- D. mis

19. Gal`vanik elementlar-

- A.*Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari natijasida kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi elektrokimyoviy sistemalarga aytiladi.
- B.Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari natijasida elektr energiyani kimyoviy energiyasiga aylantirib beruvchi elektrokimyoviy sistemalarga aytiladi.
- C.Qaytarilish reaksiyalari natijasida kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi elektrokimyoviy sistemalarga aytiladi.
- D.Oksidlanish reaksiyalari natijasida kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi elektrokimyoviy sistemalarga aytiladi.

20. Daniel-Yakobi elementi qaysi elektrodlardan tuzilgan?

- A.*Mis va rux
- B.Mis va kadmiy
- C.Rux va temir
- D.Mis va magniy

21. Daniel-Yakobi elementi qaysi elektrodi anod vazifasida?

- A.*Rux
- B.Mis
- C.Temir
- D.Mis va rux

22. Daniel-Yakobi elementi qaysi elektrodi katod vazifasida?

- A.*Mis
- B.Rux
- C.temir
- D.Mis va rux

23. Metallarning korroziyanishi -....

- A.*Metallning tevarak-atrofidagi muhit bilan kimyoviy yoki elektrokimyoviy ta'siri natijasida yemirilishi
- B.Faqat metallning tevarak-atrofidagi muhit bilan kimyoviy ta'siri natijasida yemirilishi
- C.Metallning tevarak-atrofidagi muhit bilan faqat elektrokimyoviy ta'siri natijasida yemirilishi
- D.Metallning tevarak-atrofidagi muhit bilan ta'siri natijasida yemirilishi

24. Korroziyani tezlatuvchi moddalar-..

- A.*korroziya aktivatorlar
- B.korroziya ingibitorlar
- C.korroziya ingibitorlar va aktivatorlar
- D.korroziya oshiruvchilar

25.*Mis sulfat eritmasi inert elektrodlar ishtirokida elektroliz qilinganda, katod va anodda quyidagilardan qaysilari ajralib chiqadi?

- A.Cu, O₂
- B.Cu, H₂
- C.H₂, SO₂

D.Cu, SO₂

26.Elektrokimyoviy ekvivalent deb nimaga aytiladi?

A.*Elektrolit eritmasidan 1 A•S elektr toki o'tkazilganda, elektrodalarda ajralib chiqadigan modda miqdori uning ekvivalent massasiga teng;

B.Elektrolit eritmasidan 1 F elektr toki o'tganda, elektrodda ajralib chiqadigan modda miqdori uning ekvivalent massasiga teng;

C.Elektrolit eritmasidan 96500 Kl elektr toki o'tganda, elektrodda ajralib chiqadigan modda miqdori uning ekvivalent massasiga teng;

D.Elektrolit eritmasidan 26,8 A . s elektr toki o'tganda, elektrodda ajralib chiqadigan modda miqdori uning ekvivalent massasiga teng;

27.Kaliy sulfid tuzining suvli eritmasi grafitli elektrod yordamida elektroliz qilinganda katodda qaysi modda ajralib chiqadi va uning atrofida eritmaning muhiti qanday bo'ladi?

A.*vodorod, kislotali

B.vodorod, ishqoriy

C.kislorod, neytral

D.olingugurt, ishqoriy

28.CuSO₄ eritmasi elektroliz qilinganda katodda qanday mahsulot hosil bo'ladi?

A.*Cu

B.SO₂

C.H₂

D.O₂

30.Element atomlarining oksidlanish darajasi, qaytarilish jarayonida qanday o'zgaradi?

A.*musbat oksidlanish darajasi kamayadi;

B.musbat oksidlanish darajasi ortadi

C.manfiy oksidlanish darajasi kamayadi

D.manfiy oksidlanish darajasi ortadi;

31.Elementning oksidlanish darajasi oksidlanish jarayonida qanday o'zgaradi?

A.*manfiy oksidlanish darajasi ortadi;

B.manfiy oksidlanish darajasi kamayadi

C.musbat oksidlanish darajasi kamayadi;

D.musbat oksidlanish darajasi oshadi

32.Kuchli elektrolit eritmalarining elektrostatik nazariyasi kimlar rivojlantirdi?

A.*Debay va Hyukkellar

B.Lomonosov va Debay

C.Debay va Meyer

D.Hyukkel va Meyer

33.Eritmaning ion kuchi..

A.*Eritmadagi ionlar konsentratsiyasi bilan shu ionlar zaryadi kvadrati ko'paytmasi yig'indisining yarmiga

B.Eritmadagi ionlar konsentratsiyasi bilan shu ionlar zaryadi kvadrati ko'paytmasi yig'indisininga

C.Eritmadagi ionlar konsentratsiyasi bilan shu ionlar zaryadi kvadrati ko'paytmasiga

D.Eritmadagi ionlar konsentratsiyasi bilan shu ionlar zaryadi kvadratiga

34.Kim kislotalarga "eritmada vodorod ionlarini hosil qiluvchi moddalar" deb, asoslarga "eritmada gidroksil ionlarini hosil qiluvchi moddalar" deb ta'rif berishgan?

A.*Arrenius va Ostvaldlar

B.Arrenius va Hyukkelllar

C.Arrenius

D.Ostvald

35.Elektrodning standart potentsiali-....

A.*Ikkita elektroddan iborat bo'lgan va elektrodlardan birining potentsiali aniqlanishi kerak bo'lgan, ikkinchi elektrodning potentsiali esa nolga teng deb olingan galvanik elementning *EYuK* si

B.Bitta elektroddan iborat bo'lgan va elektrodlardan birining potentsiali aniqlanishi kerak bo'lgan, ikkinchi elektrodning potentsiali esa nolga teng deb olingan galvanik elementning *EYuK* si

C.Ikkita elektroddan iborat bo'lgan va elektrodlardan birining potentsiali aniqlanishi kerak bo'lgan, ikkinchi

elektrodning potentsiali esa birga teng deb olingan galvanik elementning *EYuK* si

D.Bitta elektroddan iborat bo'lgan va elektrodlardan birining potentsiali aniqlanishi kerak bo'lgan, ikkinchi elektrodning potentsiali esa noldan katta teng deb olingan galvanik elementning *EYuK* si

36.Diffuzion potentsial qanday hosil bo'ladi?

A.*Ikki elektrolit eritmalarining chegara sirtida ionlarning turli harakatchanligi tufayli

B.Bitta elektrolit eritmalarining chegara sirtida ionlarning turli harakatchanligi tufayli

C.Ikki elektrolit eritmalarining chegara sirtida ionlarning bir xil harakatchanligi tufayli

D.Ikki elektrolit eritmalaridan tashqarisida ionlarning turli harakatchanligi tufayli

37.Oksidlanish-qaytarilish potentsiali.....

A.*Bir metallning har xil valentlikdagi tuzlari eritmasining aralashmasiga (masalan, $FeCl_3$ va $FeCl_2$) platina kabi betaraf metallar tushirilsa, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (redoksi) hosil bo'ladi

B.Bir metallning bir xil valentlikdagi tuzlari eritmasining aralashmasiga

(masalan, $FeCl_3$ va $FeCl_2$) platina kabi betaraf metallar tushirilsa, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (redoksi) hosil bo'ladi

C. Ikki xil metallning har xil valentlikdagi tuzlari eritmasining aralashmasiga (masalan, $FeCl_3$ va $FeCl_2$) platina kabi betaraf metallar tushirilsa, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (redoksi) hosil bo'ladi

D. Ikki xil metallning bir xil valentlikdagi tuzlari eritmasining aralashmasiga (masalan, $FeCl_3$ va $FeCl_2$) platina kabi betaraf metallar tushirilsa, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (redoksi) hosil bo'ladi

38. Standart (solishtirish) elektrodlar bu.....

A.* Turli zanjirlarning E_{YuKni} o'lchaganda potentsiali oson qayta takrorlanadigan va muvozanat qiymatiga tezda yetadigan elektrodlardan keng foydalaniladigan elektrodlar.

B. Bir xil zanjirlarning E_{YuKni} o'lchaganda potentsiali oson qayta takrorlanadigan va muvozanat qiymatiga tezda yetadigan elektrod-lardan keng foydalaniladigan elektrodlar.

C. Turli zanjirlarning E_{YuKni} o'lchaganda potentsiali murakkab qayta takrorlanadigan

va muvozanat qiymatiga tezda yetadigan elektrod-lardan keng foydalaniladigan elektrodlar.

D. Kalomel elektrodi simob elektrodi hisoblanadi, uning potentsiali simob ionlarining aktivligiga bog'liq.

39. Sirt energiyasining kamayishiga olib boruvchi jarayonlar?

A.* suyuqlik yoki qattiq jism sirtida boshqa moddalar yig'ilishi

B. suyuqlik ichida mayda zarrachalar cho'kishi

C. eritma ichida mayda zarrachalarning muallak cho'kmay yurishi

D. qattiq jismlarning satxi ortishi

40. Qanday jarayonlar qaytar jarayonlar deyiladi?

A.* Reaksiya yo'nalishi teskari tomonga borishi mumkin bo'lgan. ammo bosim, hajm va harorat o'zgarasdan qolgan jarayonga aytiladi;

B. Reaksiya yo'nalishi teskari tomonga borishi mumkin bo'lgan. ammo bosim, hajm va harorat o'zgaradigan qolgan jarayonga aytiladi;

C. Reaksiya yo'nalishi to'g'ri tomonga borishi mumkin bo'lgan. ammo bosim, hajm va harorat o'zgarasdan qolgan jarayonga aytiladi;

D.Reaksiya yo‘nalishi teskari va to‘g‘ri tomonga borishi mumkin bo‘lgan. ammo bosim, hajm va harorat o‘zgarishidan qolgan jarayonga aytiladi

41.Galvanik elementning *EYuK*ni qanday o‘lchanadi?

A.**EYuK* galvanik elementda tok bo‘lmaganda (yoki cheksiz kichik bo‘lganda) o‘lchanishi

B.*EYuK* galvanik elementda tok bo‘lganda (yoki cheksiz katta bo‘lganda) o‘lchanishi

C.*EYuK* galvanik elementda potensial xosil bo‘lganda o‘lchanishi

D.*EYuK* galvanik elementda potensial xosi bo‘lmaganda (yoki cheksiz kichik bo‘lganda) o‘lchanishi

42.Akkumulyator deb....

A.*Agar elektrokimyoviy elementga elektr toki yuborilsa, uning ichida kimyoviy o‘zgarish yuz berib, elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi. So‘ngra bu element elektrodлари sim bilan tutashtirilsa, yig‘ilgan kimyoviy energiya hisobiga elektr energiyasi hosil bo‘ladi, ya‘ni kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanadi

B.Agar elektrokimyoviy elementga elektr toki yuborilsa, uning ichida kimyoviy o‘zgarish yuz berib, elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi. So‘ngra bu

element elektrodлари sim bilan tutashtirilsa, yig‘ilgan kimyoviy energiya hisobiga elektr energiyasi hosil bo‘ladi, ya‘ni elektr energiya kimyoviy energiyasiga aylanadi

C.Agar elektrokimyoviy elementga elektr toki yuborilsa, uning ichida kimyoviy o‘zgarish yuz berib, elektr energiyasi kimyoviy energiyaga aylanadi. So‘ngra bu element elektrodлари sim bilan tutashtirilsa, yig‘ilgan kimyoviy energiya hisobiga elektr energiyasi hosil bo‘ladi, ya‘ni elektr energiya elektr energiyasiga aylanadi

D.Agar elektrokimyoviy elementga elektr toki yuborilsa, uning ichida kimyoviy o‘zgarish yuz berib, kimyoviy energiyasi elektr energiyaga aylanadi. So‘ngra bu element elektrodлари sim bilan tutashtirilsa, yig‘ilgan kimyoviy energiya hisobiga elektr energiyasi hosil bo‘ladi, ya‘ni kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanadi

43.Kislotali akkumulyator tarkibi..

A.I*kki qo‘rg‘oshin elektrod dan iborat.

B.bitta qo‘rg‘oshin elektrod dan iborat.

C.ikki mis elektrod dan iborat.

D.qo‘rg‘oshin va mis elektrod dan iborat.

44.Ishqorli akkumulyator.....

A.*nikel oksid (musbat) va temir (manfiy) elektrod lardan iborat.

B. nikel metali (musbat) va temir (manfiy) elektrodlardan iborat

C. nikel oksid (musbat) va temir oksidi (manfiy) elektrodlardan iborat

45. Ishqorli akkumulyatorning elektr yurituvchi kuchi..... V ga teng

A. *1,33-1,35

B. 2,33-2,35

C. 3,33-3,35

D. 0,33-0,35

46. Elektrodning qutblanishi deb....

A. *O'tayotgan elektr toki ta'sirida elektrodni elektr holatining, ya'ni uning potentsiali qo'sh elektr qavati zaryadi zichligining o'zgarishi

B. O'tayotgan elektr toki ta'sirida elektrodni elektr holatining, ya'ni uning potentsiali qo'sh elektr qavati zaryadi zichligining o'zgarmasligi

C. Elektr toki elektrodning sirtida ko'pgina omillarga bog'liq bo'lgan o'zgarishlarni keltirib chiqaradishi

D. Elektr toki elektrodning sirtida ko'pgina omillarga bog'liq

48. Kolraush qonunining ifodasi ko'rsating

A. *cheksiz suyultirilgan eritmadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kationning harakatchanligi bilan anionning harakatchanligi yig'indisiga teng

B. cheksiz suyultirilgan eritmadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kationning harakatchanligi bilan anionning harakatchanligi ayirmasiga teng

C. cheksiz suyultirilgan eritmadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kationning harakatchanligi bilan anionning harakatchanligi ko'paytmasiga teng

D. cheksiz suyultirilgan eritmadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kationning harakatchanligi bilan anionning harakatchanligi bo'linmasiga teng

49. Ionlarning tashish soni

A. *bu ayni bir tipdagi ion tashib o'tgan elektr miqdorining elektrolitdan o'tgan umumiy elektr miqdoriga nisbatidir

B. bu ayni bir tipdagi ion tashib o'tgan elektr miqdorining elektrolitdan o'tgan umumiy elektr miqdoriga ko'pytmasidir

C. bu ayni bir tipdagi ion tashib o'tgan elektr miqdorining elektrolitdan o'tgan umumiy elektr miqdoriga ayirmasidi

D. bu ayni bir tipdagi ion tashib o'tgan elektr miqdorining elektrolitdan o'tgan umumiy elektrolit massasining miqdoriga nisbatidir

50. Xemosorbtsiya bu....

A. *sorbktivni yutilishi sorbent bilan kimyoviy ta'sirlanish orqali sodir bo'ladigan jarayon.

B. sorbtivni yutilmasligi sorbent bilan kimyoviy ta'sirlanishmasligi orqali sodir bo'ladigan jarayon.

C. sorbtivni so'rilishida bo'ladigan jarayon.

D. sorbentni yutilishi sorbent bilan kimyoviy ta'sirlanish orqali sodir bo'ladigan jarayon.

C. muhit bilan ham modda, ham energiya almashishi mumkin bo'lgan sistema ($\Delta m = 0, \Delta E = 0$)

D. muhit bilan ham modda, ham energiya ($\Delta m \neq 0, \Delta E \neq 0$) almashmaydigan alohida sistemadir.

51. Oksidlanish-qaytarilish elektrodleri zanjirning E.Yu.K. hisoblash tenglamasini ko'rsating.

A. * $E = E_0 + RT/F \ln aF^{2+} / aF^{3+}$

B. $E = E_0 + RT/F \ln aF^{2+}$

C. $E = E_0 + RT/F \ln aF^{3+}$

D. $E = E_0 + RT/F \ln aF^{3+} / aF^{2+}$

52. Konsentratsion zanjirni ko'rsating.

A. * $(-)Ag|AgNO_3||AgNO_3|Ag(+)$

B. $(-)Ag|AgNO_3|Ag(+)$

C. $(-)Zn|ZnSO_4|Cu(+)$

D. $(-)Zn|ZnSO_4|H_2(+)$

53. Normal Veston elementini ko'rsating.

a. * $(-)(Hg)Cd|Cd^{2+}, SO_4^{2-}|Hg_2^{2-}, Hg(+)$;

B. $(-)Ag|AgNO_3|AgNO_3|Ag(+)$;

C. $(-)Zn|ZnSO_4||CuSO_4|Cu(+)$;

D. $(-)Zn|ZnSO_4|Cu(+)$.

54. Birinchi turdagi elektrodni ko'rsating.

A. *vodorod elektrodli;

B. kumush xlorli elektrodli;

C. xingidron elektrodli;

D. oksidlanish-qaytarilish elektrodli.

55. Kuchli elektrolitlar uchun Kolraush tenglamasini ko'rsating.

A. $\lambda_\infty = \lambda_a + \lambda_k$ B. $\lambda_\infty = \lambda_a - \lambda_k$

C. $\lambda_\infty = \lambda_a / \lambda_k$

D. $\lambda_\infty = \lambda_a * \lambda_k$

56. Gidratlar nazariyasi bilan elektrolitik dissotsilanish nazariyasi bilan bog'lash kerakligini birinchi marta kim aytgan?

A. *Kablukov

B. Arreniys

C. Le-Shatel'e

D. M.lomonosov

57. Moddalarning elektr o'tkazuvchanligini qanday ifodalanadi?

A. *Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki elektr o'tishiga ko'rsatgan qarshiligi bilan ifodalash mumkin

B. Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki yuzasi bilan ifodalash mumkin

C. Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki elektrod uzunligi bilan ifodalash mumkin

Д. Ularning elektr o'tkazuvchanligi yoki solishtirma qarshiligi bilan ifodalash mumkin

58. Na₂SO₄ eritmasi elektroliz qilinganda elektrolarda qanday moddalar ajralib chiqadi?

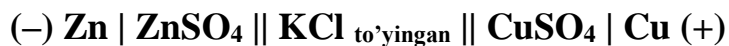
- A.*vodorod va kislorod;
- B.natriy va oltingugurt (VI) oksid
- C.natriy va kislorod;
- D.vodorod va sulfat anhidrid.

59. Desorbtsiya jarayoni-bu....

- A.* adsorbtsiyaga teskari jarayon.
- B. adsorbtsiyaga teskari jarayon.
- C. geterogen sistemada kimyoviy reaksiya tufayli yutilishi.
- D. Elektr toki elektrodning sirtida ko'pgina omillarga bog'liq bo'lgano'zgarishlarni keltirib chiqaradishi.

BOBLAR YUZASIDAN MASALALAR

1.Masala. Oddiy gal'vanik element, Daniel-Yakobi elementining elektr yurutuvchi kuchini toping:



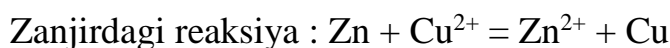
E-

E+,

E^- va E^+ - rux va mis elementining elektrod potentsiali

Elektr yurutuvchi kuchini topish uchun:

$$E = E^+ - E^- = 0,337 - (-0,765) = 1,10 \text{ B}$$



2-masala.: 1000 gr suvda 8 gr NaOH saqlagan eritma $100,184^\circ\text{C}$ da qaynaydi. izotonik koeffisientni ($K_{eb} = 0,516^\circ\text{C}$) aniqlang.

Yechish : formulalar yordamida hisoblaymiz:

$$\Delta t = i \frac{K_{eb} \cdot 1000}{G \cdot Mr}$$

$$i = \frac{\Delta t_{qay} \cdot G \cdot Mr}{K_{eb} \cdot 1000}; \quad i = \frac{0,184 \cdot 1000 \cdot 40}{0,516 \cdot 1000 \cdot 8} = 1,78$$

Demak izotonik koeffisient 1,78 ga teng

3-masala: HNO_2 ning $K = 5,1 \cdot 10^{-4}$ ga teng. Uning 0,01 M eritmasidagi H^+ ionlari konsentratsiyasi va α -dissoslanish darajasini toping?



Hisoblaymiz: $K = \frac{H \cdot \text{NO}_2}{\text{HNO}_2} \quad 5,1 \cdot 10^{-4} = \frac{x \cdot x}{0,01 - x}$

$$5,1 \cdot 10^{-6} - 5,1 \cdot 10^{-4}x = x^2$$

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-5,1 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(-5,1 \cdot 10^{-4})^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-5,1 \cdot 10^{-6})}}{2 \cdot 1}$$

$$x = 0,002$$

$$\alpha = \frac{n}{N}; \quad \alpha = \frac{0,002}{0,01} = 0,2$$

Demak javob 0,002; 20 % gat eng bo'ladi

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari yo'nalishi va potensialiga oid masalalar

4-masala: Eritma tarkibida $0,001 \text{ mol/l SO}_4^{2-}$ $0,05 \text{ mol/l}$ Iva $2,9 \text{ mol/l H}^+$ ionlari saqlasa $\text{SO}_4^{2-} \text{ SO}_3^{2-}$ sietemasining oksidlanish-qaytarilish potensialini toping?

Yechish: $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

$$E_0 = 0,2 \text{ V gat eng.}$$

Nernest formulasi yordamida hisoblaymiz:

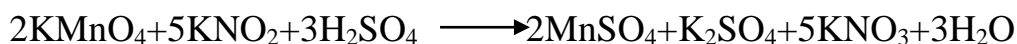
$$E = E_0 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{C_{m(ok)}}{C_{m(qay)}}$$

$$E = 0,2 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{2,9 \cdot 10}{0,05} = 0,019 \text{ V}$$

Demak javob : $0,019 \text{ v}$ ga teng.

5-masala: H_2SO_4 ishtirokida 30 ml $0,09 \text{ n}$ KMnO_4 eritmasi bilan qancha massadagi KNO_2 ni qaytarish mumkin.

Yechish:



Hisoblaymiz; $m = \frac{Cn \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,09 \cdot 31,6 \cdot 30}{1000} = 0,08532$

$$0,08532 \quad \text{———} \quad x$$

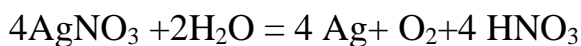
$$2 \cdot 158 \quad \text{———} \quad 5 \cdot 85 \quad x = 0,11475 \text{ gr}$$

Demak: massa $0,11475 \text{ gr}$ gat eng.

Elektroliz va undagi tok manbasiga oid masalalar

6-masala: AgNO_3 eritmasidan 2 soat davomida $0,804$ amper kuchga teng bo'lgan tok o'tkazilganda $6,156 \text{ gr}$ Ag hosil bo'lgan. Tok bo'yicha unumni toping?

Yechish: reaksiya tenglamasini yozamiz.



Berilgan: $J = 0,804 \text{ A}$, $t = 2$ soat, $E = 108$ $F = 26,8$

$$m = \frac{J \cdot t \cdot E}{F} = \frac{2 \cdot 0,804 \cdot 108}{26,8} = 6,48 \text{ gr}$$

$$6,48 \text{ gr} \quad \text{———} \quad 100 \% \quad x = 95 \%$$

$$6,156 \quad \text{———} \quad x \quad \text{javob: } 95 \%$$

7-masala: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ eritmasi orqali 12 daqiqa $1,5 \text{ A}$ elektr tok o'tkazildi. Bunda katodda ajralgan Cu massasini toping?

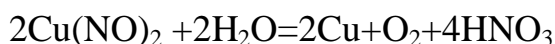
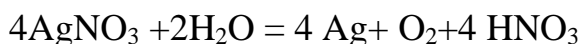
Yechish: formula orqali hisoblaymiz

$$m = \frac{J \cdot t \cdot E}{F} = \frac{1,5 \cdot 12 \cdot 32}{1608,3} = 0,36 \text{ gr}$$

Demak, katodda 0,36 gr Cu ajralgan.

8-masala: AgNO₃ va Cu(NO)₂ tuzlari saqlagan 250 ml eritmadan 4 soat davomida 0,536 A kuchga ega bo'lgan elektr toki o'tkazildi. Katodda hammasi bo'lib 4,536 gr aralashma hosil bo'lsa eritmadagi tuzlarning konsentratsiyasini aniqlang?

Yechish: reaksiya tenglamasini yozamiz.



$$n_{\text{ekv}} = \frac{J \cdot t}{F} = \frac{0,536 \cdot 4}{26,8} = 0,08 \text{ mol ek}$$

$$\text{Hisoblaymiz; } 108x + 32(0,08 - x) = 4,536$$

$$108x + 2,56 - 32x = 4,536$$

$$0,026 \cdot 108 = 2,808 \text{ gr} \quad x = 0,026$$

$$1,728 \text{ gr Cu}$$

$$\text{Demak : AgNO}_3 \text{ 0,104} \quad \text{Cu(NO}_3)_2 \text{ 0,108}$$

9-masala. Mis(II) sulfatning 500 ml 0,1 molyarli eritmasidan 19300 Kl elektr miqdori o'tkazilganda, katodda (inert elektrod) necha gramm mis ajraladi?

Yechish:

1) Eritmadagi mis(II) sulfatning miqdorini, undan esa misni hisoblaymiz;

$$C = \frac{n}{V} \text{ dan foydalaniб, } n = CV \quad n(\text{CuSO}_4) = 0,1 \times 0,5 \text{ л} = 0,05 \text{ моль, } n(\text{Cu}) = 0,05 \text{ моль,}$$

чунки $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}$

$$1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль}$$

$$0,05 \text{ моль } x \quad x = 0,05 \text{ мольга teng bo'ladi. } m(\text{Cu}) = 0,05 \times 64 = 3,2 \text{ g}$$

10-masala. Berilgan ushbu zanjirda $\text{Hg} \mid \text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \mid \text{Hg}$, chap elektroddagi simobning balandligi 120sm, o'ng elektroddagi simobning balandligi 5sm. Anod va katodda qanday elektrod reaksiyalari sodir bo'ladi?

Yechish: Gravitatsion elementlarda elektr energiyasi manbai potentsial energiyasi hisoblanadi:

$$E = M_{\text{Hg}} * g * \Delta h / (1000 * F)$$

M_{Hg} – simobning molyar massasi (200,6 / 1000, kg/mol);

g – erkin tushish tezligi (9,81 m / c 2);

Δh –simob balandliklari farqi, m (1,20 – 0,05 = 1,15 m).

Quyidagi natijalarni olamiz:

$$E = \frac{200,6 * 9,81 * 1,15}{103 * 96,5 * 10^3} = 2,34 * 10^{-6}$$

a) anodda: $\text{Hg} = 1/2 \text{Hg}_2^{2+} + e$,

b) katodda: $1/2 \text{Hg}_2^{2+} + e = \text{Hg}$.

11-masala. Galvanik elementda ketadigan quydagi jarayonning reaksiya tenglamasini yozing.

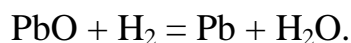


Yechish: Reaksiya tenglamalari uchun jadvaldan elektrodagi reaksiyalar uchun standart potentsiallarni keltiramiz.

1) $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$; $\varphi_1^0 = -0,828 \text{ B}$,

2) $\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Pb} + 2\text{OH}^-$; $\varphi_2^0 = -0,753 \text{ B}$.

$\varphi_2^0 > \varphi_1^0$ ekanligidan



12-masala. 298 K da xlor elektrodining potentsialini va EYuK hisoblang?

Pt, H_2 (1013,25 kPa) \mid HCl (0,1 m; $\gamma_{+} = 0,796$) \mid Cl_2 (2026,50 kPa), Pt Xlor elektrodining standart potentsiali $\varphi^0_{\text{Cl}^-/\text{Cl}_2, \text{Pt}} = 1,358 \text{ V}$

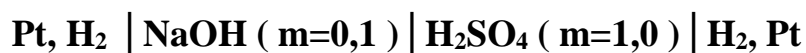
Yechish: Xlor elektrodining potentsialini Nernst tenglamasidan topamiz, xlorning nisbiy bosimi:

$$2026,50 \text{ kPa} / 1013,25 \text{ kPa} = 2,0.$$

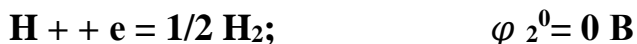
$$\varphi_{\text{Cl}^-/\text{Cl}_2, \text{Pt}} = \varphi^0_{\text{Cl}^-/\text{Cl}_2, \text{Pt}} - 0,059 (\lg a_{\text{Cl}^-} - 1/2 \lg p_{\text{O}_2}) = 1,358 - 0,059 * (\lg(0,1 * 0,796) - 1/2 \lg 2) = 1,440 \text{ V}$$

Galvanik elementning E YuKni hisoblaymiz;

$E = 1,440 - 0,059 \lg (0,796 * 0,1) = 1,505 \text{ B}$. **13-masala.** 298 Kda , agar $p_{\text{H}_2} = 1,01325 * 10^5 \text{ Pa}$ bo'lganda , quyidagi elementning EYuKni hisoblang



Yechish: Reaksiyalar uchun standart potensial va o'rtacha ion aktivlik koeffitsientini keltiramiz:



$$\text{NaOH eritmasi uchun:} \quad m = 0,1; \quad \gamma_{\pm} = 0,766,$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ eritmasi uchun:} \quad m = 1,0; \quad \gamma_{\pm} = 0,132.$$

$$\text{Bundan: } a_{\text{OH}^-} = m * \gamma_{\pm} = 0,1 * 0,766 = 0,0766,$$

$$a_{\text{H}^+} = a_{+} = \sqrt[3]{4m * \gamma_{+}} = \sqrt[3]{4 * 1 * 0,137} = 0,21$$

$$a_{\text{H}_2\text{O}} = 1$$

Nernst tenglamasi orqali φ_2 va φ_1 , elektrodning potensialini topamiz:

$$\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2, \text{Pt}} = 0,059 \lg 0,21 = -0,04 \text{ B,}$$

$$\varphi_{\text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2, \text{Pt}} = \varphi_{\text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2, \text{Pt}} \frac{0,059}{1} - \left(\lg a_{\text{OH}^-} - \frac{1}{2} \lg P_{\text{H}_2} \right)$$

jadvaldan $\varphi_{\text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2, \text{Pt}} = -0,828 \text{ B}$ ekanligini topib, undan

$$\varphi_{\text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2, \text{Pt}} = -0,828 - 0,059 \lg 0,0766 = -0,762 \text{ B.}$$

EYuK hisoblaymiz:

$$E = \varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2, \text{Pt}} - \varphi_{\text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2, \text{Pt}} = -0,04 + 0,762 = 0,758 \text{ B.}$$

14-masala. 25 °C quyidagi elektrodning

$\text{Zn}^{2+}(a = 0,02) / \text{Zn}$ va $\text{Cu}^{2+}(a = 0,3) / \text{Cu}$. EYuK hisoblang?

Yechish : Standart potenciallar qatoridan mis va rux elektrodning qiymatini topamiz:

$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,337 \text{ B;} \quad \varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,763 \text{ B.}$$

Mis elektrodi nisbatan elektromucbatroq, shuning uchun mis- katod, rux- anod:

$$E = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} + \frac{RT}{2Z} \ln \frac{a_{\text{Cu}^{2+}}}{a_{\text{Zn}^{2+}}} = 1,135 \text{ V}$$

15-masala . Agar konsentratsiyasi 0,1 normal bo'lgan KBr va CaCl_2 eritmaları berilgan bo'lsa, Br^- ionining aktivligini toping ?

Yechish : $m(\text{KBr}) = 0,1$, $m(\text{CaCl}_2) = 0,05$ tashkil qiladi. Eritmalar aralashtirilgandan keyin ion kuchi quydagicha bo'ladi:

$$I = \frac{1}{2}(1^2 + 0,1 + 1^2 * 0,1 + 2^2 * 0,05 + 1^2 * 2 * 0,05) = 0,25$$

Eritmada Br^- ionining aktivlik koeffitsenti $\gamma_{-} = 0,68$ ga teng, u holda Br^- ionining aktivligi:

$$a(\text{Br}^-) = 0,1 * 0,68 = 6,8 * 10^{-2} \text{ моль-экв/л.}$$

16-masala.

0,01 M ikki valentli tuz eritmasiga platina elektrodi tushurildi. Har bir elektrod yuzasi 10^2sm , ular orasidagi masofa 4sm . Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $100\text{Om}^{-1} * (\text{mol} * \text{ekv})^{-1} * \text{sm}^2$. Eritmadan $0,1\text{A}$ tok o'tishi uchun, kuchlanish nechaga tengligini hisoblang?

Yechish :Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni topamiz:

$$\sigma = \frac{\kappa * C}{1000} = \frac{100 * 0,02}{1000} = 0,002\text{Om}^{-1} * \text{sm}^{-1}$$

Eritmaning qarshiligini topamiz:

$$R = \frac{1}{\sigma} * \frac{l}{S} = \frac{4}{0,002 * 10} = 200 \text{ Om} \quad U = I * R = 0,1 * 200 = 20\text{V}$$

17-masala. Ushbu zanjirda $\text{Zn} + \text{CdSO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Cd}$, ΔG_o , ΔS_o и ΔH_o larning o'zgarishlarini hisoblang,?

Yechish :Standart potensial ushbu zanjirda

(-) $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4 (a = 1) | \text{CdSO}_4 (a = 1) | \text{Cd} (+)$ 25°C $0,362\text{V}$ ga teng, elektr yurutuvchi kuchning temperatura koeffisienti :

$$\left(\frac{\partial E_o}{\partial T}\right)_p = -0,0002\text{V} * \text{K}^{-1} \quad \Delta G_o = - 69,86 \{ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \}; \quad \Delta S_o = - 38,59 \{ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \}$$

va $\Delta H_o = - 81,36 \{ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \}$.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

- 1.Q.R. Rustamov “Fizik kimyodan amaliy mashg`ulotlar “T., 2000 yil.
- 2.H.I.AkbarovB.U.SagdullayevA.J.Xoliqov “Fizikaviy kimyo”, T., 2019 yil.
- 3.A.Abdusamatov,A.Rahimov, S.Musayev “Fizikaviy kolloid kimyo”, T., 1992 yil.
- 4.S.Musayev, N.B.Boboyev “Fizikaviy kolloid kimyo”, T., 2004 yil.
- 5.N.K. Olimov “Fizikaviy va kolloid masalalar yechish”,T. “O`qituvchi”, 2001 yil.

- 6.T.X.Xoldorova “Fizikaviy kimyodan masalalar yechish”, T., 1993 yil.
- 7.M.U.Sodiqov “Fizikaviy kimyo” ma`ruzalar matni, Nizomiy - 2001 yil.
- 8.Yo'ldashev J. G, Usmonov S .A. "Zamonaviy pedagogik texnologiyalarni amaliyotga joriy qilish." T., “Fan va texnologiya”. 2008
9. H.R.Rahimov “Fizikaviy va kolloid kimyo” Toshkent “O`qituvchi” 1987 yil.
10. N.A.Parpiev, A.G.Muftaxov, X.R.Raximov. Anorganik kimyo. Toshkent «O`zbekiston» 2003.
- 11.N.A.Parpiev, X.R.Raximov, A.G.Muftaxov. Anorganik kimyo nazariy asoslari. Toshkent «O`zbekiston» 2001.
- 12.Yu.T.Toshpulatov, N.G.Raxmatullaev. Anorganik kimyo, ma'ruza matni, Toshkent, TDPU, 2001.
- 13.Abdullayev Sh.V., Muxitdinova D.X. «Kimyo o`qitish metodikasi» dan uslubiy qo`llanma, Namangan, 2003.
14. Q. Axmerov, A Jalilov, R. Sayfuddinov. Umumiy va anorganik kimyo, Toshkent «O`zbekiston», 2003.

Metallarning elektrokimyoviy kuchlanishlar qatori. Standart elektrod potentsiallari

Elektrod jarayoni tenglamasi	Standart potentsiali E ₀ , V	Elektrod jarayoni tenglamasi	Standart potentsiali E ₀ , V
Li ⁺ + e ⁻ = Li	- 3,05	Cd ²⁺ + 2e ⁻ = Cd	- 0,40
K ⁺ + e ⁻ = K	- 2,93	Co ²⁺ + 2e ⁻ = Co	- 0,2 8
Ba ²⁺ + 2e ⁻ = Ba	- 2,91	Ni ²⁺ + 2e ⁻ = Ni	- 0,25
Ca ²⁺ + 2e ⁻ = Ca	- 2,87	Sn ²⁺ + 2e ⁻ = Sn	- 0,14
Na ⁺ + e ⁻ = Na	- 2,71	Pb ²⁺ + 2e ⁻ = Pb	- 0,13
Mg ²⁺ + 2e ⁻ = Mg	- 2,36	2H ⁺ + 2e ⁻ = H ₂	0
Al ³⁺ + 3e ⁻ = Al	- 1,66	Cu ²⁺ + 2e ⁻ = Cu	0,34
Mn ²⁺ + 2e ⁻ = Mn	- 1,18	Hg ²⁺ + 2e ⁻ = Hg	0,79
Zn ²⁺ + 2e ⁻ = Zn	- 0,76	Ag ⁺ + e ⁻ = Ag	0,80
Cr ²⁺ + 2e ⁻ = Cr	- 0,74	Pt ²⁺ + 2e ⁻ = Pt	1,20
Fe ²⁺ + 2e ⁻ = Fe	- 0,44	Au ³⁺ + 3e ⁻ = Au	1,50

298-K dagi anorganik birikmalarning termodinamik xossalari

Modda, holati	ΔH _f ⁰ , kJ/mol	S ⁰ , J/(mol K)	ΔG _f ⁰ , kJ/mol
Ag (q)	0	42,5	0
Ag ⁺ (suvli)	106	73	77
AgCl (q)	-127	96,1	-109,7
AgBr (q)	-100	107	-97
AgNO ₃ (q)	-123	141	-32,2
Ag ₂ O (q)	-30,6	122	-10,8
Al (q)	0	28,3	0
Al ³⁺ (suvli)	-525	-313	-481
Al ₂ O ₃ korund	-1670	51	-1576

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (q)	-2568	140	-2292
B_2O_3 (q)	-1264	54	-1184
H_3BO_3 (q)	-1089	89,6	-963
H_3BO_3 (suvli)	-1068	160	-963
Ba^{2+} (suvli)	-538	12,6	-561
BaCl_2 (q)	-860	126	-811
$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (q)	-1462	203	-1296
BaO (q)	-554	70	-525
BaSO_4 (q)	-1465	132	-1353
Br_2 (s)	0	152	0
Br_2 (g)	30,7	245	3,1
HBr (g)	-36,4	199	-53,5
C grafit	0	57	0
C olmos	1,9	24	2,9
CO (g)	-111	198	-137
CO_2 (g)	-393,5	214	-394,4
CO_2 (suvli)	-413	121	-386
H_2CO_3 (suvli)	-700	187	-623
HCO_3^- (suvli)	-691	95	-587
CO_3^{2-} (suvli)	-676	-53	-528
CCl_4 (s)	-135	216	-65
CS_2 (s)	90	151	65
HCN (g)	135	202	125
HCN (s)	135	202	125
CN^- (suvli)	151	94	172
Ca^{2+} (suvli)	-543	-55	-553
CaO (q)	-636	40	-603
Ca(OH)_2 (q)	-987	76	-897
CaSO_4 (q)	-1432	107	-1320
Modda, holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_f^0 , kJ/mol
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-1762	194	-1565
CaF_2 (q)	-1220	69	-1167
CaCl_2 (q)	-795	114	-750

CaCl ₂ (suvli)	-878	55	-815
CaCl ₂ ·6H ₂ O (q)	-2607		
CaBr ₂ (q)	-683	130	-664
CaCO ₃ (q)	-1207	93	-1129
Cl ₂ (g)	0	223	0
Cl ₂ O (g)	76	266	94
HCl (g)	-92,3	186,7	-95,3
HCl (suvli)	-167	55	-131
CrO ₄ ²⁻ (suvli)	-863	38,5	-706
Cr ₂ O ₇ ²⁻ (suvli)	-1461	214	-1257
Cu (q)	0	33	0
Cu ⁺ (suvli)	71,7	41	50
Cu ²⁺ (suvli)	64,4	99	65
CuCl (q)	-136	84,5	-118
CuCl ₂ (q)	-206	108	-162
Cu ₂ O (q)	-169	93	-146
CuO (q)	-157	43	-130
CuSO ₄ (q)	-770	113	-662
CuSO ₄ ·5H ₂ O (q)	-2278	305	-1880
F ⁻ (suvli)	-329	-9,6	-276
HF (g)	-269	174	-271
Fe (q)	0	27,2	0
Fe ²⁺ (suvli)	-88	-113	-85
Fe ³⁺ (suvli)	-48	-293	-11
Fe(OH) ₃ (q)	-824		
FeCO ₃ (q)	-753	96	-680
FeCl ₃ (q)	-405		
FeCl ₃ ·6H ₂ O (q)	-2226		
FeO (q)	-265	61	-244
Fe ₃ O ₄ magnetit	-1118	146	-1015
Fe ₂ O ₃ gematit	-842	87,4	-742
FeS (q)	-100	60	-100
FeS ₂ (q)	-178	53	-167
FeSO ₄ (q)	-923	108	-820

FeSO ₄ ·7H ₂ O (q)	-3007		
H ₂ (g)	0	131	0
H ⁺ (suvli)	0	0	0
OH ⁻ (suvli)	-230	-10,5	-157
H ₂ O (q)	-286	70	-237
Modda, holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_f^0 , kJ/mol
H ₂ O (g)	-242	189	-229
H ₂ O ₂ (s)	-188	110	121
H ₂ O ₂ (suvli)	-191		
Hg (s)	0	77	0
Hg (g)	61	175	32
Hg ²⁺ (suvli)	171	-32	164
Hg ₂ ²⁺ (suvli)	172	84,5	153,5
HgCl ₂ (q)	-224	146	-179
Hg ₂ Cl ₂ (q)	-265	196	-211
HgO (q)	-90	73	-58,4
HgS (q)	-54	88	-48
I ₂ (q)	0	116	0
I ₂ (g)	62	261	19,3
I ⁻ (suvli)	-55,2	111	-51,6
HI (g)	26,5	207	1,7

3- jadval

298 K dagi organik birikmalarning termodinamik xossalari

Modda va agregat holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	ΔG_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_c^0 , kJ/mol
Uglevodlar				
CH ₄ (g)	-78,8	-50,7	186	-890
C ₂ H ₂ (g)	+226	+209	201	-1300
C ₂ H ₄ (g)	+52	+68	220	-1411
Modda va agregat holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	ΔG_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_c^0 , kJ/mol
C ₂ H ₆ (g)	-84,7	-32,8	230	-1560

C ₃ H ₆ (g), propen	+20,4	+62,8	267	-2058
C ₃ H ₆ (g), tsiklopropan	+53,3	+104,5	237,6	-2091
C ₃ H ₈ (g)	-104	-23,5	270	-2220
C ₄ H ₈ (g) buten-1	-013	+71,4	306	-2717
C ₄ H ₈ (g), tsis-buten-2	-7	+66	301	-2710
C ₄ H ₈ (g), trans-buten-2	-11,2	+63	297	-2707
C ₄ H ₁₀ (g), butan	-126	-17	310	-2878
C ₅ H ₁₂ (g), pentan	-146	-8,2	348	-3537
C ₆ H ₆ (s),benzol	+49	+124	173	-3268
C ₆ H ₆ (g) ,benzol	+83	+130	269	-3302
C ₆ H ₁₂ (s), tsiklogeksan	-156	+26,8	204	-3920
C ₆ H ₁₄ (s), geksan	-199	-4,4	296	-4163
C ₆ H ₅ CH ₃ (g), toluol	+50	+122	321	-3953
C ₇ H ₁₆ (s), geptan	-224	+1,0	329	
C ₈ H ₁₈ (s), oktan	-250	+6,4	361	-5471

4- jadval

Ayrim erituvchilarning krioskopik va ebuloskopik doimiyligi

Erituvchilar	t_{muz}^0 , C	K	$t_{qaynash}^0$, C	E
Anilin	-6	5,87	184,4	3,69
Benzol	5,5	5,1	80,2	2,57
Suv	0	1,86	100	0,516
Nitrobenzol	5,7	6,9	210,9	5,27
Piridin	-4,2	4,97	115,4	2,69
Sirka kislotasi	16,65	3,9	118,4	3,1
Fenol	41	7,3	181,2	3,6
Uglerod (IV) xlorid	-23	2,98	76,7	5,3
1,4 -Dioksan	12	4,7	-	-
Kamfora	178,4	39,7	-	-
N - Ksilol	13,2	4,3		
Chumoli kislotasi	8,4	2,77		
Naftalin	80,1	6,9		
Temir	1530	13,18		

Sulfat kislota	10,5	6,17		
n - toluidin	43	5,2		
tsiklogeksan	6,5	20,2		
Metilatsetat			56	1,5
Atseton			57,0	2,06
Metil spirti			64,7	0,84
Oltinugurt ikki oksidi			-10	1,45
Uglerodsulfid			46,3	2,29
xloroform			61,2	3,88
etilatsetat			77,2	2,79
Etil spirti			78,3	1,11
Etil efiri			34,5	2,0

5- jadval

Turli haroratdagi suvning ion konsentratsiyalarining ko`paytmasini

$K_w = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$ va neytral muhitdagi pK_{H_2O} , pH qiymatlari.

$t^{\circ}C$	$K_w \cdot 10^{14}$	pK_{H_2O}	pH neytral muhit
0	0,1139	14,94	7,47
5	0,1846	14,73	7,37
10	0,2920	14,53	7,27
15	0,4505	14,35	7,17
18	0,5702	14,24	7,12
20	0,6809	14,16	7,08
21	0,742	14,13	7,06
22	0,802	14,10	7,05
23	0,868	14,06	7,03
24	0,948	14,02	7,01
25	1,008	14,00	7,00
30	1,469	13,83	6,92
35	2,089	13,68	6,84
40	2,919	13,53	6,77
45	4,018	13,40	6,70
50	5,474	13,26	6,63
55	7,297	13,14	6,57

60	9,614	13,02	6,51
100	59,9	12,23	6,11

6 - jadval

Kuchsiz elektrolitlarning suvdagi dissotsiatsialanish konstantasi (25⁰C)

Elektrolitlar	K	pK
Chumoli kislota, HCOOH	$2,3 \cdot 10^{-4}$	3,64
Sirka kislota, CH ₃ COOH	$1,75 \cdot 10^{-5}$	4,76
Karbonat kislota, H ₂ CO ₃ (1)	$4,45 \cdot 10^{-7}$	6,35
HCO ₃ ⁻ (II)	$4,69 \cdot 10^{-11}$	10,33
Fosfat kislota, H ₃ PO ₄ (1)	$7,11 \cdot 10^{-3}$	2,15
H ₂ PO ₄ ⁻ (II)	$6,34 \cdot 10^{-8}$	7,20
HPO ₄ ²⁻ (III)	$1,26 \cdot 10^{-12}$	11,90
Ammoniy gidroksid, NH ₄ OH	$1,77 \cdot 10^{-5}$	4,75
Propion kislota, C ₂ H ₅ COOH	$1,34 \cdot 10^{-5}$	4,87
xlor sirka kislota, ClCH ₂ COOH	$1,38 \cdot 10^{-3}$	2,86
Cut kislota, C ₃ H ₆ O ₃	$1,44 \cdot 10^{-4}$	3,84
Shavel kislota, C ₂ H ₂ O ₄	$5,36 \cdot 10^{-2}$	1,27
Tsianid kislota, HCN	$4,9 \cdot 10^{-10}$	9,31
Vodorod sulfid kislota, H ₂ S (1)	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,96
HS ⁻ (II)	$1,0 \cdot 10^{-14}$	14,0

7-jadval

Elektrokimyoviy belgilar va birliklar

Belgisi	Birliklarning nomi	birligi
D	Diffuziya koeffisenti	(m ² ·s ⁻¹)
E	Elektr yurutuvchi kuch	V
G	Gibbs energiyasi	(J·mol ⁻¹)
H	Энтальпия	(J·mol ⁻¹)
i	Tok zichligi	(A·m ⁻²)
I	Eritmaning ion kuchi	m
I	Elektr toki	A
K_a	Muvozanat konstantasi	-

K_a	Dissotsialanish konstantasi	-
pH	Vodorod ko'rsatkich	(- lg H ⁺)
Q	Kulonlar soni	Kl
r	Radius	m
R	Qarshilik	Om
S	Энтропия	(J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)
U	Ichki energiya	(J·mol ⁻¹)
U₀	Kristal panjara energiyasi	(J·mol ⁻¹)
α	Dissotsialanish darajasi	-
Γ_i	Ionlar adsorbsiyasi	(gr·ekv·m ⁻²)
κ	Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik	(Sm·m ⁻¹)
λ	Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik	(Sm·m ² ·Γ·ekv ⁻¹)
μ	Moddaning kimyoviy potentsiali	(J·mol ⁻¹)
ρ	Solishtirma qarshilik	(Om·m)
σ	Sirt taranglik	(J·m ⁻²)
a	Moddaning aktivligi	-

MUNDARIJA

I BOB. ELEKTROLITLARNING ERITMALARI

- 1.1. Elektrokimyó fani va uning mohiyati, rivojlanishi. O‘zbekistonda elektrokimyóbo‘yicha qilingan ishlar....
- 1.2. Elektrolitlar, ionlarning gidratlanishi. Elektrolit eritmalarning elektr o‘tkazuvchanligi va uni o‘lchash orqali ionlanish darajasi va ionlanish konstantasi qiymatini aniqlash
- 1.3. Elektr tokining kimyoviy ta’siri. Elektroliz qonunlari. Elektrolit suyuqlanmasi va eritmasining elektrolizi.....

II. BOB. ELEKTRODLARDAGI JARAYONLAR VA ELEKTR YURUTUVCHI KUCH

- 2.1. Elektrod potentsiallarining hosil bo‘lishi. Elektrokimyoviy kuchlanish qatori. Elektrodlar va ularning turlari.....
- 2.2. Galvanik elementlar va ularda elektr yurituvchi kuchni hosil bo‘lish jarayoni, katod va anodda boradigan oksidlanish – qaytarilish jarayonlari. Akkumulyatorlar.....
- 2.3. Elektrod jarayonlari kinetikasi. Diffuziyon va elektrokimyoviy o‘ta kuchlanish.....
- 2.4. Metallar korroziyasi va ularning turlari. Kimyoviy korroziya, elektrokimyoviy korroziya mohiyati.....
- 2.5. Metallarni korroziyadan himoyalash. Korroziya ingibitorlari.....

III. BOB. LABORATORIYA MASHG‘ULOTLARI

- 3.1. Laboratoriyada ishlash qoidalari va kimyoviy idishlar bilan tanishish
- 3.2. Elektrokimyoviy zanjirlarning elektr yurituvchi kuchini o‘lchash.....
- 3.3. Potensiometriya.....
- 3.4. Eritmalarning elektr o‘tkazuvchanligi.....
- 3.5. Konduktometriya.....
- 3.6. Vodorod ionlarining konsentratsiyasini o‘lchash.....
- 3.7. Elektroliz.....
- 3.8. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari.....
- 3.9. Elektrolitlarning Dissotsialnash nazariyasi. Ionli tenglamalar
- 3.10. Metallarning suvdagi va tuzlarning suvdagi eritmalaridagi korroziyasi.....

BOBLAR YUZASIDAN TESTLAR

BOBLAR YUZASIDAN MASALALAR

ОГЛОВЛЕНИЕ

- I. ГЛАВА. РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**
- 1.1. Наука об электрохимии и ее сущности, развитие. Работа по электрохимии в Узбекистане.
 - 1.2. Электролиты, гидратация ионов. Определение скорости ионизации и значения константы путем ионизации .
 - 1.3. Химическое воздействие электрического тока. Законы электролиза. Электролиз расплаве электролита и растворе
- II. ГЛАВА ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОДЕ И ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА**
- 2.1. Возникновение электродного потенциала. Ряд электрохимического напряжения. Электроды и их типы.
 - 2.2. Гальванические элементы и возникновение электродвижущая сила, окислительно-восстановительные процессы на катоде и аноде. Аккумуляторы.
 - 2.3. Кинетика электродных процессов. Диффузионные и электрохимические напряжения.....
 - 2.4. Коррозия металлов и их видов. Химическая коррозия, сущность электрохимической коррозии
 - 2.5. Антикоррозийная защита металлов. Ингибиторы коррозии.....
- III. ГЛАВА. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИИ**
- 3.1. Ознакомление с правилами работы в лаборатории и химической посуде
 - 3.2. Измерение электропроводности электрохимических цепей
 - 3.3. Потенциометрия
 - 3.4. Электропроводность растворов
 - 3.5. Кондуктометрия
 - 3.6. Измерение концентрации ионов водорода
 - 3.7. Электролиз
 - 3.8. Окислительно-восстановительные реакции
 - 3.9. Теория диссоциации электролитов. Ионные уравнения
 - 3.10. Коррозия металлов в воде солей и в водных растворах
- ТЕСТЫ ПО РАЗДЕЛАМ
ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛАМ
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

o'quv qo'llanma

Rashidova Kamila Xamidovna
Akbarov Hamdam Ikramovich

FIZIKAVIY KIMYO
(ELEKTROKIMYO)