



## Elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligini innovatsion usullar yordamida aniqlash.

**Jo'rayev.I.Y**

Termiz State University

**Davlatova.M.U**

Termiz State University

**Azimqulova.R.D**

Termiz State University

**Madiyev.A.M**

Termiz State University

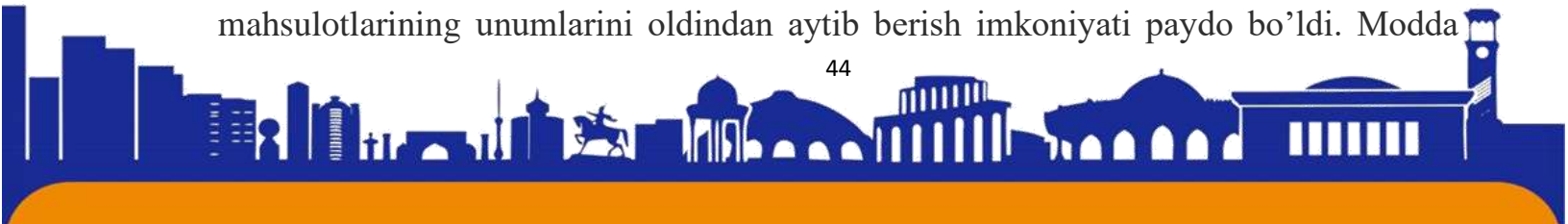
E-mail: [azizbekmadiyev999@gmail.com](mailto:azizbekmadiyev999@gmail.com)

[ilkhomjuraev600@gmail.com](mailto:ilkhomjuraev600@gmail.com)

**Kalit so'zlar:** kimyoviy bog', elektrolitlar, protolitik reaksiya, solvoliz, protogen erituvchilar.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi haqida so'z yuritilgan. Termodinamikaning yutuqlaridan foydalangan holda kimyoviy tajribalar o'tkazmasdan turib kimyoviy muvozanatlarni hisoblash mumkinligini ko'rsatilgan.

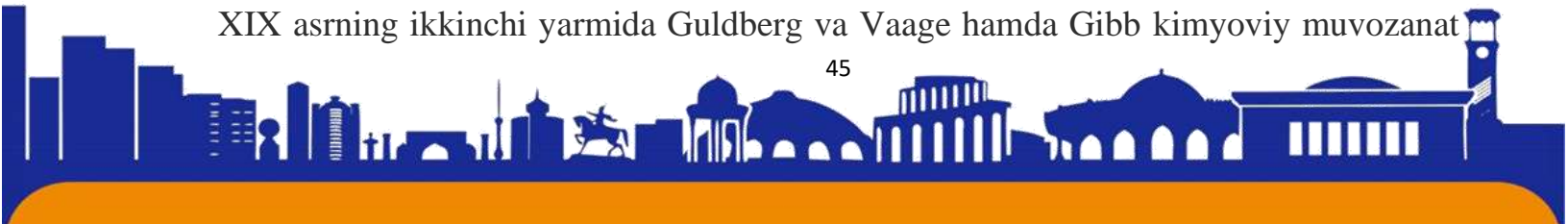
“Fizikaviy kimyo” kimyodagi ayrim muammolarni hal etishda termodinamik usullarni qo'llash orqali XX asrning boshida fan sifatida vujudga keldi. Bunday yondoshuv juda ham samarali bo'lib chiqdi va empirik kimyoning o'rganib qolgan tamoyillarini tubdan o'zgartirib yubordi. Bu esa kimyoviy o'zgarishlar muammosiga umuman yangicha qarash hosil qildi. Moddalarning kimyoviy reaksiyalarga kirishi faqat reagentlarning tabiatigagina bog'liq bo'lmasdan, balki jarayonni olib borishning fizikaviy sharoitlariga, ya'ni bosim va haroratga ham bog'liqligini isbotlab berishga muvaffaq bo'lindi. Muvozanatdagi sistemalar uchun bunday bog'lig'likni miqdoran ifodalashga erishildi va bu zamonaviy kimyoviy texnologiyaning rivojlanishiga asos bo'ldi. Termodinamikaning yutuqlaridan yana biri kimyoviy tajribalar o'tkazmasdan turib kimyoviy muvozanatlarni hisoblash mumkinligini ko'rsatilganidir. Alohida reagentlarining termodinamik xossalari haqidagi ma'lumotlarga asoslanib reaksiya mahsulotlarining unumlarini oldindan aytib berish imkoniyati paydo bo'ldi. Modda





ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 4.9 / 2023

tuzilishi nazariyasining rivojlanishi va kvant mexanikasining paydo bo'lishi termodinamikaning kimyodagi o'rnini kengaytirdi. Zamonaviy statistik termodinamika molekularlarning tuzilishi haqidagi ma'lumotlarni jalb qilgan holda xuddi shu muammolarni hal qiladi. Bu esa, moddaning kimyoviy o'zgarishlari muammosini muhokama qilishda, reagent molekularlarining xossalari haqidagi model tushunchalarni reagentlarning termodinamik funksiyalari qiymatlariga tayanuvchi fenomenologik termodinamik yondoshuv bilan birlashtirishga olib keldi. Shu sababli zamonaviy fizikaviy kimyo kursi klassik va statistik termodinamika natijalarining umumlashuvidir, desak adashmaymiz. Nazariy fizikaning ushbu qismlari klassik bo'lib, u hech qachon eskirmaydi, aksincha vaqt o'tishi bilan ularni amaliyotga qo'llash sohalari o'zgaradi, xalos. "Fizikaviy kimyo" fanining ta'rihi birinchi bor 1752-yil M.V.Lomonosov (1711-1765) tomonidan berilgan: fizikaviy kimyo fani kimyoviy hodisalarni fizika fani yordamida o'rganuvchi bu hodisalarning qonuniyallarini nazariy jihatdan ochib beruvchi hamda tushuntiruvchi fandır. M.V.Lomonosov fizikaviy kimyoni "kimyoning falsafasi" deb aytgan. Uning nazariy va tajribaviy tadqiqotlari hozirda ham o'z ahamiyatini yo'qotmagan kashfiyotlarga olib kelgan. Lomonosovning atomistik tushunchalari issiqlikning kinetik tabiati haqidagi xulosaga olib keldi va u "eng katta va oxirgi sovuqlik darajasi" mavjudligini tahmin qildi, ya'ni zarrachalarning harakati to'liq to'xtashiga mos keluvchi juda kichik harorat borligini ta'kidladi hamda termodinamika ikkinchi qonunining ta'riflaridan bir bo'lmish "issiqlik sovuqroq jismdan issiqroq jismga o'z-o'zidan o'ta olmasligini" ta'kidlagan. XIX asrning boshlarida Angliyada Daltonning(1801), Fransiyada Gey-Lyussakning (1802), Italiyada Avogadroning (1811) ishlari natijasida gazsimon holatning qonunlari kashf etiladi va atomistik tushunchalar yana ham rivojlandi. Gessning termokimyo bo'yicha qilgan ishlari ham ushbu davrga tegishlidir. Galvanik elementlar, elektroliz, elektrolitlarda tokni tashib o'tish tadqiqotlari tufayli elektrokimyoning asoslari tashkil etiladi. 1799-yilda Italiyada Galvani va Volt galvanik element yaratdilar. 1802- yil V.V.Petrov elektr yoyi hodisasini ochdi. 1805- yil Grotgus (Rossiya) elektroliz nazariyasining asoslarini ishlab chiqdi. 1800- yil Devi moddalar ta'sirlashishining elektrokimyoviy nazariyasini ilgari surdi va kimyoviy tadqiqotlarda elektrolizni keng qo'ldi. Faradey 1833-1834- yillarda elektrolizning miqdoriy qonunlarini ta'rifladi. Yakobi 1836- yil elektroliz jarayonini tajribaga qo'llab, galvanoplastikani kashf etadi. XIX asrning ikkinchi yarmida Guldberg va Vaage hamda Gibb kimyoviy muvozanat



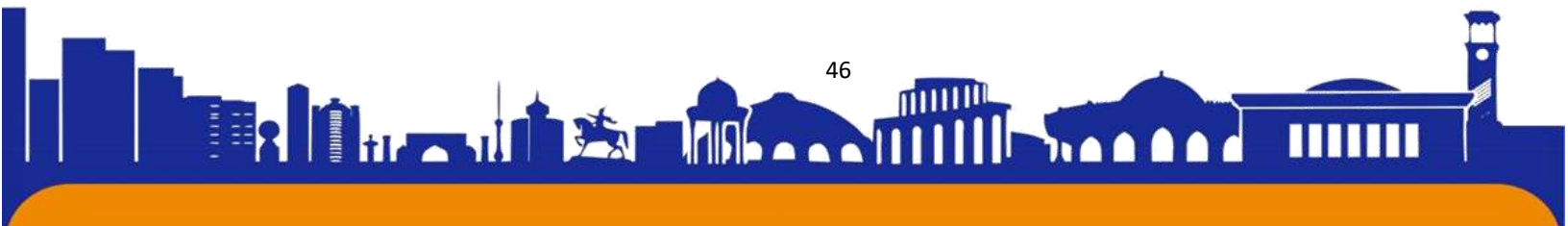


haqidagi ta'limotni rivojlantirdilar. Le Shatele tashqi sharoit o'zgarishi bilan muvozanatning siljishi haqidagi umumiy prinsiplarini yaratdi. Vant-Goff kimyoviy muvozanat nazariyasini rivojlantirdi. U suyultirilgan eritmalarning miqdoriy nazariyasini ham ishlab chiqqan. Gittorf va Kolraush (Germaniya) eritmalarda elektr tokini tashib o'tishni o'rgandilar. S. Arrenius 1883-1887- yillarda elektrolitik dissotsilanish nazariyasini rivojlantirdi.

XIX asrning oxiridagi buyuk kashfiyotlar atom tuzilishining murakkabligini isbotladi va fizikaviy kimyoning rivojlanishiga juda katta hissa qo'shdi. Ularga Perren (1895) va Tomson (1897) tomonidan elektronning kashf qilinishi, 1895- yil RentgenX-nurlarni va 1896- yil Bekkerel radioaktivlik hodisasini kashf etishini aytish mumkin. Bundan tashqari Plank (1900) nurning kvant tabiatini, Lebedev (1889) nur bosimi mavjudligini hamda Per Kyuri va Mariya Kyuri (Skladovskaya) (1905-1920) tomonidan radioaktivlik hodisasini o'rganishni misol qilsa bo'ladi. XX asming boshiga kelib fizikaviy kimyo modda tuzilishi, kimyoviy termodinamika, eritmalar, kimyoviy kinetika va elektrokimyolarni o'rganuvchi fan sifatida namoyon bo'ldi. Yangi nazariy usullarning qo'llanilishi bilan atom, molekula va kristallarning tuzilishini tadqiqot qilish birinchi o'ringa chiqdi. Ushbu sohada Rezerford tomonidan taklif qilingan atomning yadro tuzilishi (1911) va Bor (1913) tomonidan vodorod atomining birinchi miqdoriy nazariyasining yaratilishi juda katta yutuq bo'ldi. Kimyoviy bog'ning tabiati va molekulalarning tuzilishini o'rganish atom tuzilishini o'rganish bilan birgalikda olib borildi. 1920-yillarda Kossel va Lyuis kimyoviy bog'ning elektron nazariyasini ishlab chiqdilar. 1927-yilda Gey va London kimyoviy bog'ning kvant mexanik nazariyasini rivojlantirdilar. XX asrning o'rtalarida kimyoviy reaksiyaning tezligi haqida ta'limot, ya'ni kimyoviy kinetika jadal rivojlandi va u molekulalar tuzilishi va molekuladagi atomlararo bog'larning mustahkamligi bilan bog'liq ravishda olib borildi. Fizikaviy kimyoning yangi bo'limlari paydo bo'ldi va muvaffaqiyatli rivojlandi. Ularning ayrimlari alohida fan sifatida universitetlarda o'rganilmoqda. Masalan, kvant kimyo, modda tuzilishi, kinetika va kataliz, elektrokimyo, radiatsion kimyo, radiokimyo, magnetokimyo, yuqori molekulyar birikmalarning fizik kimyosi, silikatlarning fizik kimyosi va boshqalar.

### **I-bob. Asosiy qism.**

#### **Elektrolit eritmalarining xossalari**





Suyultirilgan eritmalarning barcha umumiy xossalari (to'yingan bug' bosimining nisbiy pasayishi, qaynash haroratining ortishi, muzlash haroratining pasayishi, osmotik bosim) erigan moddaning molyar qismiga chiziqli bog'langan (erigan modda zarrachalarining soniga proporsional ravishda o'zgaradi) va uning tabiatiga bog'liq emas. Ushbu ta'rif suyultirilgan eritmalar uchun Raul va Vant-Goffning umumlashgan qonunini ifodalaydi. Bunday umumiy qonuniyat organik moddalarning suvdagi va organik erituvchilardagi eritmaları uchun to'g'ri bo'lib chiqdi. Ammo tuzlar, kislotalar va ishqorlarni suvdagi eritmalarining umumiy (kolligativ) xossalari yuqoridagi qonuniyatga bo'ysunmasligi aniqlandi. Masalan, NaCl molyar eritmasi muzlash haroratining pasayishi suvning krioskopik doimiysidan ( $1,86^\circ$ ) deyarli ikki baravar yuqori ( $3,36^\circ$ ). Demak kislota, ishqor va tuzlarning suvli eritmalaridagi zarrachalarning soni eritmaning molyar konsentratsiyasiga mos kelmaydi. Bundan tashqari, suyultirilgan eritmalar qonunlaridan chetlanuvchi eritmalar organik moddalarning suvdagi eritmalariga nisbatan ancha yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega. Bu esa eritmada zaryadlangan zarrachalar borligidan darak beradi. Eritmalari elektr tokini o'tkazuvchi bunday moddalar *elektrolitlar* deb ataladi. Elektrolvurning xossalari elektrolitik dissotsilanish nazairiyasining asoschisi Arrenius (1887) tomonidan ko'rib chiqilgan va umumlashtirilgan.

Erituvchining qutbli molekulari bilan erigan modda zarrachalari orasidagi ta'sir natijasida elektrolitik dissotsilanish sodir bo'ladi. Bunday ta'sir hattoki kovalent bog'lari ham, masalan, vodorod xloridni qutblantiradi. Ushbu gazni suvda eritayotganda dielektrik doimiysi katta bo'lgan muhitda H-Cl bog'ining kuchsizlanishi hisobiga vodorod va xlor ionlari hosil bo'ladi. Gidratlanish natijasida ionlar eritmaga o'tadi. Ion kristallarini (masalan, NaCl) suvda eritayotganda ham xuddi shunday jarayon kuzatiladi. NaCl ning kristall panjarasida  $\text{Na}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlari bo'lmasa ham, erituvchining qutbli molekulari bilan ta'siriashishi kristalldagi bog'larning qutblanishiga, ularning kuchsizlanishiga va zarrachalarning gidratlangan ionlar hosil qilib eritmaga o'tishiga sharoit yaratadi. Gidratlanish jarayoni kuchli ekzotermik bo'lib, entalpiya kamayishi bilan o'z-o'zidan boradi. Odatda, gidratlanish darajasi (har bir ionni o'rab olgan erituvchi molekularining miqdori) juda katta bo'ladi. Faqat kislotaning ionlanishida gidratlanish darajasi 1 ga teng, bu esa vodorod ionining kichik o'lchami bilan bog'liq. Gidratlanish jarayonida proton  $\text{H}_2\text{O}$  molekulasiga kirib, giroksoniy





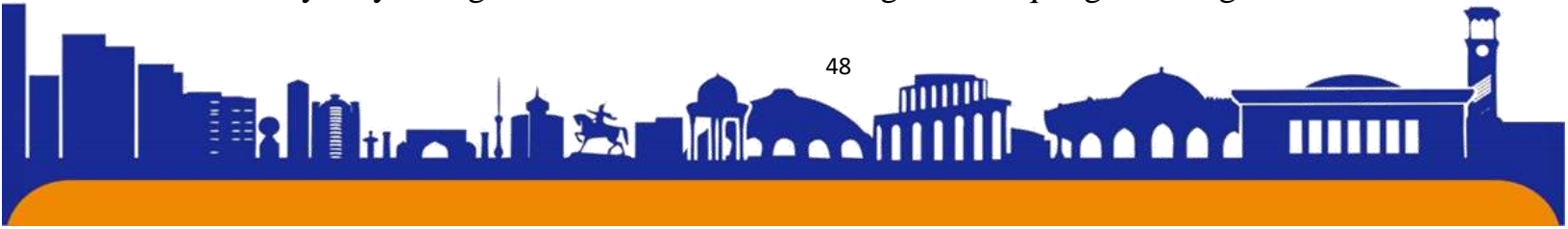
$H_3O^+$  ionini hosil qiladi. Yangi kovalent bog' kislorodning erkin elektron jufti hisobiga donor-akseptor mexanizmi bo'yicha hosil bo'lib, to'yingan bo'ladi.

Elektrolitlarning ushbu qonunlardan chetlanishini baholash uchun Vant-Goff osmotik koeffitsiyent  $i$  tushunchasini kiritishni taklif qildi:

$$i = \frac{P_{taj.}}{P_{noz.}} = \frac{\Delta T_{taj.}}{\Delta T_{noz.}} = \frac{\Delta T_{muz.taj.}}{\Delta T_{muz.noz.}} = \frac{\Delta P_{taj.}}{\Delta P_{noz.}}$$

tenglama elektrolit eritmalarining termodinamik xossalari haqidagi tajriba malumotlari asosida osmotik koeffitsiyentni hisoblash uchun ishlatilishi mumkin. Eng sodda elektrolitlar uchun osmotik koeffitsiyent  $2 > i > 1$ , murakkabroq elektrolitlar uchun  $3 > i > 2$  ekanligi tajribada aniqlangan. Bunday chetlanishlar ko'proq yoki kamroq darajada bo'lib barcha elektrolitlar uchun tegishlidir. Demak elektrolit eritmalarining noelektrolitlar uchun o'rnatilgan qonunlardan chetlanishi qandaydir umumiy sabablardan kelib chiqadi. Yuqorida aytganimizdek, noelektrolitlar elektr tokini o'tkazmaydi, elektrolit eritmalariga esa elektr o'tkazuvchanlik xosdir. Elektrolitlarga tuzlar, mineral va organik kislotalar hamda asoslar kiradi. Ushbu moddalarning hammasi muhim amaliy ahamiyatga ega va ularning xossalari to'liq o'rganilgan.

Ma'lumki, elektr tokini o'tkazuvchilar birinchi va ikkinchi tur o'tkazgichlarga bo'linadi. Birinchi tur o'tkazgichlarda, ya'ni metallarda, elektr tokini elektronlar tashib o'tadi. Bunday o'tkazgichlardan tok o'tishining o'ziga xos tomoni kimyoviy o'zgarishlarning kuzatilmasligidadir (faqat issiqlik ajralib chiqadi). Ikkinchi tur o'tkazgichlarda, ya'ni elektrolit eritmalarida, elektr tokini ionlar tashib o'tadi. Ikkinchi tur o'tkazgichlardan o'zgarish tokning ortishi faqat issiqlik ajralishini emas, balki kimyoviy o'zgarishlarni ham keltirib chiqaradi (elektroliz hodisasi). O'tkazgichlarning faqat birinchi va ikkinchi turlarga bo'linishi to'liq sinflanish emasligini eslatib o'tish lozim, chunki ulardan tashqari tabiatda yarim o'tkazgichlar (elektron yoki teshikli o'tkazuvchanlik) va aralash (elektron va ion) o'tkazuvchanlikka ega eritma va turli moddalarning suyuqlanmalari mavjud. Elektrolit eritmalaridan o'zgarish elektr tokining o'tishi ionlarning elektr maydonning qutblariga yo'nalgan harakati bilan. Ya'ni musbat zaryadlangan zarrachalar - kationlarning manfiy qutbga -katodga va manfiy zaryadlangan zarrachalar - anionlarning musbat qutbga - anodga harakati bilan





belgilanadi. XIX asrning oxirigacha elektrolit eritmalarida tashqi elektr maydonning ta'sirida elektrolit molekularining parchalanishi natijasida ionlar paydo bo'ladi deb hisoblangan. Ammo elektrolit eritmalarining termodinamik xossalarini o'rganish natijalari ushbu qarashlarni o'zgartirishga olib keldi.

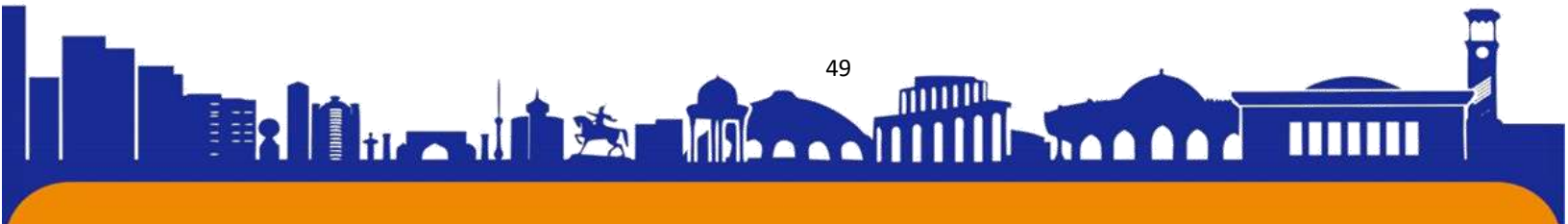
### **Elektrolitik dissotsilanish nazariyasining asosiy holatlari**

Elektrolit eritmalarining termodinamik xossalarini tushuntirish uchun Arrenius elektrolitlarning molekulari ionlarga elektr maydoni ta'sirida emas, balki eritilgandayoq ajraladi, deb taxmin qildi. Elektrolit molekularining ionlarga bunday ajralishini Arrenius *elektrolitik dissotsilanish* deb atadi. Ushbu gipoteza keyinchalik kimyoda keng qo'llaniladigan nazariyaga aylandi. Xususan, fizikaviy

Kimyoning ko'p qismlari elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga asoslangan. Bundan tashqari, ushbu nazariya koordinasion birikmalar kimyosida hamda kislota va asoslar nazariyalarini tushuntirishda katta ahamiyatga ega. Elektrolit molekularining eritmada ionlarga ajralishi nima uchun ushbu eritmalarining termodinamik xossalari kutilayotgandan kattaroq natija berishini tushuntiradi. Haqiqatan ham, agar eritma 1 l da  $C$  g-mol  $CH_3COOH$  tutsa, uning osmotik bosimi Vont-Goff qonuni bo'yicha  $P_{naz} = CRT$  ga teng bo'ladi. Faraz qilaylik  $CH_3COOH$  ning har bir molekulasi 2 ta ionga ajraladi. Unda eritmaning umumiy konsentratsiyasi  $2C$  bo'ladi. Osmotik bosim erigan modda zarrachalarining miqdoriga bog'liq bo'lganligi sababli, amaldagi osmotik bosim  $P_{taj} = 2CRT$  ga teng bo'lishi kerak, osmotik koeffitsiyent esa  $i=2$ . Haqiqatda esa, osmotik koeffitsiyent  $2 > i > 1$  oraligida o'zgaradi va dissotsilanish kuzatilmagan holatdagidan kattaroq hamda to'liq dissotsilanish kuzatilgan holdan kichikroq qiymatlarni oladi. Ushbu natijalardan Arrenius elektrolitik dissotsilanish oxirigacha bormasligi va eritmada ionlar bilan bir vaqtda dissotsilanmagan molekular ham mavjud ekanligi haqida xulosa qildi. Shunday qilib, elektrolitik dissotsilanish nazariyasi asosida quyidagi taxminlar yotadi:

- elektrolit eritmalarida uning molekulari ionlarga ajraladi;
- elektrolitlar suvli eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi eritmada ionlarning umumiy konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional;
- elektrolitik dissotsilanish jarayoni qaytardir.

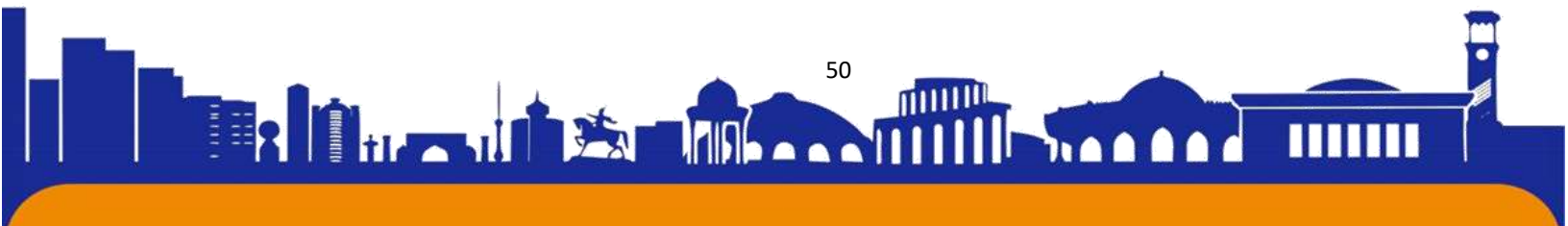
Arrenius taklif qilgan gipoteza avvaliga ko'p e'tirozlarni keltirib chiqardi, buning sababi olimlarning ionlar bilan atomlarning xossalari orasidagi prinsipsial farqlarni





tushunmaganlaridir. Shu sababli, Arrenius ko'p yillar davomida elektrolitik dissotsilanish nazariyasini tizimli ravishda asoslashga majbur bo'ldi.

**Elektrolitik dissotsilanishni keltirib chiqaruvchi sabablar.** Elektrolitik dissotsilanish mexanizmini ion panjaraga ega moddalar (*NaCl* va boshqalar) uchun tushuntirish oson, chunki ularda ionlar qattiq holatda ham bo'ladi. Bunday elektrolitlar eriyotganda faqat ionlar orasidagi tortilish kuchi kamayadi, xolos. Buni soddalashtirgan holda muhit dielektrik singdiruvchanligining o'zgarishi bilan tushuntirish mumkin. Haqiqatdan ham, Kulon qonuniga muvofiq kristall panjarada, ikkita bir zaryadli ionlar orasidagi tortilish kuchi  $f = \frac{e^2}{er^2}$  ga teng, bu yerda:  $e$  - elektronning zaryadi;  $r$  - ionlarning kristallokimyoviy radiuslarining yig'indisiga teng bo'lgan panjaraning ionlari orasidagi masofa;  $e$  - muhitning dielektrik singdiruvchanligi. Kristallning havodan ( $e=1$ ) erituvchiga, masalan, suvga  $e=81$  o'tishida ionlar orasidagi tortilish kuchi 81 marta kamayadi va ularni panjaradagi tebranishlarining (issiqlik tebranishlari) energiyasi pasayib, panjaraning buzilishiga va ionlarning ozod bo'lishiga olib keladi. Ionlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining kamayishidan tashqari, ularning erituvchi bilan kimyoviy ta'sirlashishi (solvatlanish) ham juda ahamiyatlidir. Shunday qilib, ion kristallarda elektrolitik dissotsilanish juda ham tabiiydir. Qattiq holatda molekulyar panjaraga ega elektrolitlarning dissotsilanish mexanizmi murakkabroq. Ushbu jarayon elektrolitning qutbli molekulari bilan erituvchi molekularining dipoli o'rtasidagi o'zaro ta'sir orqali tushuntiriladi. Dipollarning elektrolit molekulasiga ta'siri natijasida ionlar hosil bo'ladi va ular erituvchi molekulari bilan ta'sirlashib mustahkam solvatlarni hosil qiladi. Shunday qilib, har bir ionning atrofida eritmada mustahkam solvat qavat joylashadi va ushbu qavat ionlarning dissotsilanmagan molekulargacha birlashishiga to'sqinlik qiladi. Tuzlarning solvatlanish issiqligi oddiy kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effektlaridan ham yuqori bo'lib, yuzlab kkal/mol ga ega. Bunday yuqori solvatlanish issiqligi ionlarning kichik ichki energiya bilan tavsiflanuvchi juda mustahkam solvatlar hosil qilishini ko'rsatadi. Ionning zaryadi qanchalik yuqori va radiusi qanchalik kichik bo'lsa, solvatlanish issiqligi shunchalik yuqori bo'lishi aniqlangan. Ionlarning solvatlanishi erituvchining molekulyar strukturasi buzib yuborishini alohida ta'kidlash lozim, suvli eritmalar uchun buning ahamiyati ayniqsa katta.





Elektrolit eritmasidagi ionlar tartibsiz harakatda boiadi. Eritma orqali elektr toki o'tkazilganda ionlarning harakati tartiblashib, ular katod va anod tomon yo'naladi va elektr zaryadini tashib, eritma  $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = eruvchanlik$  ning elektr o'tkazishiga sabab bo'ladi. Elektrolit eritmasidan o'zgarimas tok o'tkazilgan taqdirda elektroliz hodisasi ro'y beradi. 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 qiladi.

### **Kuchli elektrolit eritmalarining elektrostatik nazariyasi**

Debay va Gyukkellar tomonidan rivojlantirilgan (1923) kuchli elektrolitlar suyultirilgan eritmalarining elektrostatik nazariyasi elektrolitning o'rtacha aktivlik koeffitsiyentini, kuchli elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligini nazariy hisoblashga yordam berdi hamda ion kuchi qoidasini nazariy asosladi. Bu nazariyada faqat cheksiz suyultirilgan eritmalar uchun to4g4ri boigan qator taxminlar qilingan:

- ionlarga matematik nuqtalar kabi qaraladi. Bu esa ionning xususiy hajmini hisobga ohnagan holda suyultirilgan eritmalar uchun mumkin;
- ionlar orasida faqat Kulon o4zaro ta'sir hisobga olinadi va boshqa har qanday ta'sir (ion-dipol; assotsilangan komplekslarning hosil b o iish i) inkor etiladi;
- eritmaning dielektrik doimiysi erituvchining dielektrik singdiruvchanligiga nisbatan o'zgarishi hisobga olinmaydi;
- Bolsman taqsimoti faqat suyultirilgan eritmalar uchun to4guri bo'lgan holda olinadi;
- elektrostatik ta'sir markaziy ion bilan ufling ion atmosferasi orasidagi ta'sir sifatida qaraladi va ion atmosferasi statik deb hisoblanadi;
- ion atmosferasining umiuniy zaryadi markaziy atom zaryadiga teng va unga qarama-qarshi.

Debay-Gyukkel chiqargan tenglamadan binar  $z_+$ ,  $z_-$  valentli elektrolitning o'rtacha aktivlik koeffitsiyentini hisoblash mumkin:

$$\lg \gamma_{\pm} = -|z_+ z_-| A \sqrt{I}$$





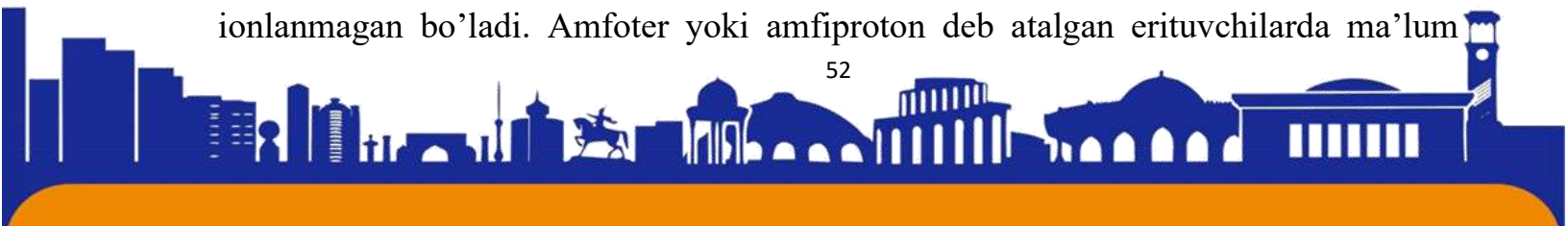


Ma'lum elektrolitning eritmadagi aktivlik koeffitsiyenti  $\gamma$  faqat eritmaning ion kuchiga bog'liq bo'lib, ionlarning xiliga bog'liq emas. Eritmaning ion kuchi 0.2 dan kam boiganda, ushbu qoidaga rioya qilinadi.

Debay-Gyukkel tenglamasini faqat juda suyultirilgan eritmalar uchun qo'llash mumkin va ushbu tenglama Debay-Gyukkelning chegaraviy, ya'ni cheksiz suyutirilgan eritma qonunini ifodalaydi. Bu qonun ion kuchi qoidasini nazariy asoslab beradi: elektrolitning o'rtacha aktivlik koeffitsiyenti (eritmaning berilgan ion kuchida) cheksiz suyultirilgan eritmada doimiy kattalik bo'lib, eritmadagi boshqa elektrolitlarning tabiatiga bog'liq emas.

1887-yili Arrenius va Ostvaldlar elektrolitik dissotsilanish nazariyasi asosida kislotalar uchun "eritmada vodorod ionlarini hosil qiluvchi moddalar" deb, asoslar uchun "eritmada gidroksil ionlarini hosil qiluvchi moddalar" deb ta'rif berishgan. Bu nazariya suvsiz HCl kislotami yoki yo'qmi, ammiak va aminlar suvsiz holda asosmi yoki yo'qmi, degan savolga javob bermaydi. Bundan tashqari, alkogolyatlar (RO) va amid anioni (NH<sub>0</sub>~) kuchli asoslar bo'lib, ular gidroksil ionini o'zida tutmasligini ham hisobga olmaydi. 1923-yilda Brensted va Laurilar o'zlarining protolitik kislota-asos nazariyasini taklif qildilar. Kislota - o'zidan proton ajratib chiqarish xususiyati bor modda (protonning donori), asos — protonni biriktirib olish xususiyatiga ega (protonning akseptori). Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalaridan oksidlovchidan qaytaruvchiga elektron o'tsa, kislota-asos reaksiyasida kislotadan asosga proton o'tadi. Kislota-asos reaksiyalarida protonning bilvosita roli ta'kidlanib, kislota va asos **protolit** deb, kislota-asos reaksiyasi esa **protolitik reaksiya** deb ataladi. Reaksiyada kislota va asos bilan bir qatorda erituvchi molekulasini ham ishtirok etsa, bunday reaksiya **kislota va asosning ionlanishi** deyiladi. Ionlangan kislota va asoslarning protolit eritmalaridagi reaksiyalari neytrallanish reaksiyasi deyiladi. Agar ionlar erituvchi bilan reaksiyaga kirishsa, bunday reaksiya **solvoliz** (gidroliz) deyiladi.

Erituvchilar kislota va asoslarga nisbatan olganda bir necha guruhga bo'linadi. O'z protonini oson beruvchi erituvchilar (suvsiz CH<sub>3</sub>COOH, CHOOH, H<sub>2</sub>S<sub>0</sub><sub>4</sub>) **protogen erituvchilar** deb ataladi. O'ziga protonni oson biriktirib oladigan erituvchilar (suyuq ammiak, aminlar) protofil erituvchilar deyiladi. Proton berish yoki biriktirish xususiyati boimagan erituvchilar (benzol, xlorbenzol, toluol) aproton erituvchilar hisoblanadi. Aproton erituvchilarda kislota ham, asos ham ionlanmaydi, erituvchilarning o'zi ham ionlanmagan bo'ladi. Amfoter yoki amfiprotion deb atalgan erituvchilarda ma'lum





sharoitda proton biriktirib olish va proton berish xususiyati bo'ladi, ya'ni bunday erituvchilar sharoitga qarab yo kislota yoki asos bo'lishi mumkin (masalan, suv, etil spirti). Erituvchi molekulasi bilan solvatlangan proton **lioniya** ioni deb, erituvchi ionlanganda hosil bo'lgan anion **liata** deb ataladi. Lioniya va liata ionlari konsentratsiyalarining ko'paytmasi avtoprotolizning shartli konstantasi deyiladi.

Gaz holatidagi HCl kislota emas, u suv (asos) ishtirokida kislotaga aylanadi. Arrenius nazariyasidan farqii ravishda, molekular va ionlar kislota yoki asos bo'lishi mumkin. Brensted-Lauri nazariyasi proton bermaydigan hamda ko'pgina organik moddalarning kislota yoki asosligini tushuntira olmaydi. Umumlashgan kislota-asos nazariyasi yoki Lyuis nazariyasiga ko'ra moddalarning kislota-asos xossalari ularning tarkibida vodorod yoki kislorod bo'lishi va erituvchining ta'siriga emas, balki moddalarning tuzilishiga bog'liq:

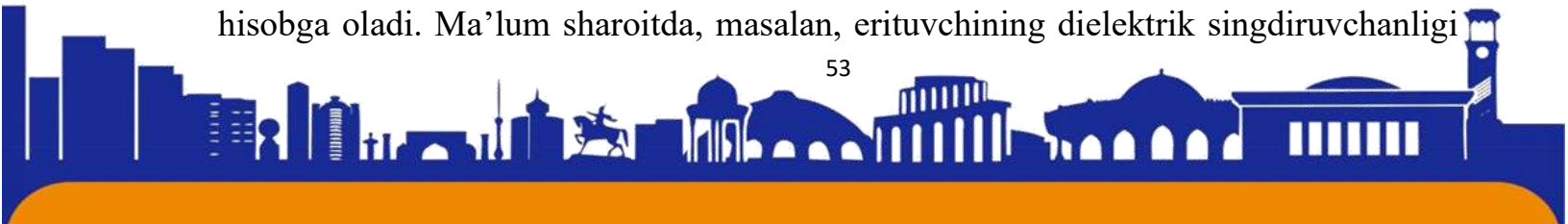
— asos erkin elektron jufti bor modda bo'lib, juft elektronlar boshqa atomning barqaror elektronlar guruhini tashkil qilishda ishtirok etishi mumkin (elektronga boy birikmalar).

- kislota atomida barqaror elektronlar guruhi hosil qilish uchun boshqa atomning erkin juft elektronlaridan foydalana oladigan moddalardir (elektronga taqchil birikmalar).

Boshqacha qilib aytganda, kislota juft elektronlar akseptori, asos esa juft elektronlar donoridir.

### **Elektrolit eritmalarning termodinamik nazariyasi**

Dissotsilanish darajasi katta bo'lgan kuchli elektrolitlar uchun dissotsilanish konstantasi konsentratsiyaga bog'liq. chunki eritmada ko'p sonli ionlarning to'planishi natijasida ularning o'zaro ta'siri sezilarli bo'ladi. Bog'ning ionliligi yuqori bo'lgan koordinasion turdagi kiristall strukturada moddalar kuchli elektrolitlarning xossalari ega bo'ladi. Bunday moddalarga ko'pgina tuzlarni misol qilish mumkm. Ularning kristall panjarasida alohida molekularni ajratish mumkin emas. Shuning uchun bunday moddalarning kutbli erituvchilarda (suv) erishida eritmaga alohida solvatlangan ionlar o'tadi va natijada elektrolitik dissotsilanish to'liq boradi, ya'ni eritmada dissotsilanmagan zarrachalar bo'lmaydi. Bundan shunday xulosa chiqadiki, kuchli elektrolitlar uchun dissotsilanish konstantasi haqidagi tushunchani qo'llab bo'lmaydi, chunki ushbu tushuncha eritmada dissotsilanmagan zarachalarning bir qismi borligini hisobga oladi. Ma'lum sharoitda, masalan, erituvchining dielektrik singdiruvchanligi





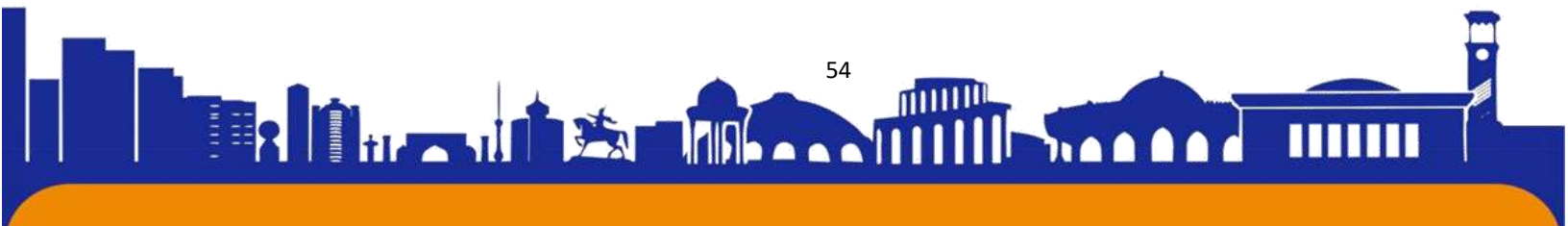
kichik bo'lgan vaqtda, qarama-qarshi zaryadli solvatlangan ionlarning o'zaro elektrostatik ta'sirlashishi uchun sharoit yaratiladi. Bunda solvatlangan ionlar bir biriga juda yaqin masofagacha yaqinlashadi va ion juftini hosil qiladi. Ion jufti murakkab agregat bo'lib, erituvchi molekulari bilan o'rab olingan ikkita qarama-qarshi zaryadlangan ionlardan iborat. Unda elektr zaryadlari o'zaro kompensatsiyalangan. Bunday jarayon assotsilanish deyiladi. O'zining tabiati va hosil bo'lish mexanizmi bo'yicha ion juftlari kuchsiz elektrolitlarning dissotsilanmagan molekulariga ayniy emas.

Kuchli elektrolitlar eritmalarida ion juftlarining hosil bo'lishi haqidagi tushuncha Byorrum va Semenchenkolar tomonidan kiritilgan. Ushbu tushunchaga binoan har bir erituvchi uchun ma'lum  $q$  parametri (Byorrum parametri) mavjud bo'lib, bu parametr ion jufti hosil bo'lishi jarayonida ionlarning bir biriga qanchalik yaqin kelishini ko'rsatuvchi masofani bildiradi. Ushbu parameter

$$q = \frac{|z_+ z_-| e^2}{(2\epsilon k T)}$$

tenglikdan aniqlanadi. bu yerda:  $z_+$ ,  $z_-$  - kation va anionlarning zaryadlari;  $e$  - elektronning zaryadi  $4,8 \cdot 10^{-10}$  el.st.birlik;  $k$  - Bolsman doimiysi,  $J/K$ ,  $T$  - absolyut harorat,  $K$ ;  $\epsilon$  - erituvchining dielektrik singdiruvchanligi. Bu tenglikdan ko'rinadiki, ionlar zaryadining ortishi ularning o'zaro ta'sirlashish masofasini orttiradi. Aksincha, erituvchi dielektrik singdimvchanligining ortishi ionlar o'rtasida elektrostatik o'zaro ta'sirlashish kuchini  $e$  marotaba kamaytiradi. Shu sababli dielektrik singdiruvchanligi katta qutbli erituvchilarda ion juftlarining paydo bo'lishi qiyinlashadi. Hattoki nisbatan kichik masofalarda ionlarning o'zaro ta'sirlashishini hisobga olmasa bo'ladi ( $q$  ning qiymati kichik), shuning uchun ionlarni izolyatsiyalangan deb hisoblasa bo'ladi. Bu tenglamaga muvofiq harorat ortishi bilan Byorrum parametri kamayadi va ionlarning o'zaro ta'siri kichikroq masofalarda kuchsizlanadi, bu esa ionlarning issiqlik harakati energiyasining ortishi bilan tushintiriladi. Berilgan harorat va ionlarning zaryadida Byorrum parametri har bir erituvchi uchun aniq qiymatga ega.

Masalan, bir zaryadli ionlar uchun suvda

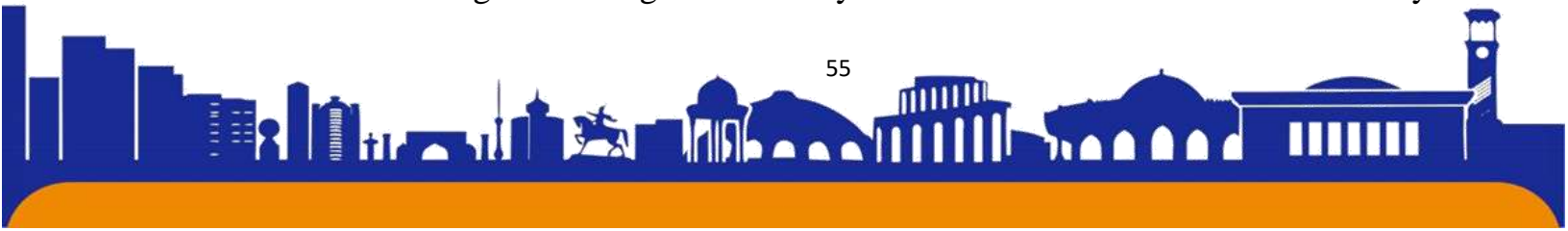




$$(z_+ = z_- = 1) 25^{\circ}C \text{ da } q = \frac{(4,8 \cdot 10^{-10})^2}{2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-16} \cdot 298 \cdot 8} = 3,57 \cdot 10^{-8} \text{ sm} = 0,357 \text{ nm}$$

Agar ionlar orasidagi masofa ushbu kattalikdan kichik boisa, u holda molekulani dissotsilanmagan deb hisoblash o‘rinli. Agar  $q > 0,357 \text{ nm}$  bo‘lsa, ionlarni izolyatsiyalangan deb hisoblanadi.

Kuchli elektrolitlarning suyultirilgan eritmalarida ionlar Byorrum parametridan ancha kattaroq masofalarda joylashadi, o‘zaro ta’sirlashmaydi va bunda elektrolit to‘liq ionlangan bo‘ladi. Eritmaning konsentratsiyasi oshirilganda, ionlar orasidagi masofa qisqaradi. Bu esa ionlararo o‘zaro ta’sirni kuchaytiradi. Natijada kuchli elektrolitlar eritmalarining (eritma zarachalarining umumiy miqdoridan bog‘liq bo‘lgan) tajribada aniqlanadigan xossalari ( $dP$ ,  $dT_{\text{qay}}$ ,  $dT_{\text{muz}}$  va boshqalar) to‘liq ionlangan hol uchun hisoblangandan kichik bo‘ladi. Masalan,  $K_2SO_4$  ning ionlanishida izotonik koeffitsiyentning nazariy qiymati 3 ga teng bo‘lishi kerak, chunki ushbu tuz eritmada 3 ta ionga ajraladi. Eritmani muzlash haroratining kamayishi bo‘yicha aniqlangan izotonik koeffitsiyentning tajribaviy qiymati 2,42. Shu sababli, dissotsilanishning ehtimoliy darajasi  $\alpha = 71\%$ . Ionlanish to‘liq bo‘lmagan va eritmada dissotsilanmagan zarrachalarning m‘alum miqdori bordek fikr tug‘iladi. Aslida esa ushbu effektga solvatlangan ionlarning assotsilanishi natijasida ion juftlarining hosil bo‘lishi bog‘liq. Shu sababdan tajribada aniqlanadigan kuchli elektrolitlar eritmalaridagi ionlanish darajasi tuyulgan deyiladi. Shunday qilib, kuchli elektrolitlar eritmaları uchun ideal eritmalar qonunlarini qo‘llab bo‘lmaydi. Bunday eritmalarining xossalari miqdoriy ifodalash eritmada zarrachalarning umumiy sonini belgilaydigan omillar ko‘pligi uchun qiyin hisoblanadi. Hozirgi paytdagi tassavurlarga ko‘ra kuchli va kuchsiz elektrolitlar erituvchi tabiatiga bog‘liq xolda kimyoviy birikmalarning ikkita turlicha holatidir. Bitta erituvchida (masalan, suvda) elektrolit kuchli bo‘lishi, boshqa erituvchida (masalan, organik erituvchi) esa ushbu elektrolit kuchsiz dissotsilanishi mumkin. Elektrolit eritmalarida ideallikdan chetlanish kuchliroq bo‘ladi. Bu ionlar orasida elektrostatik ta’sir bilan tushuntiriladi. Kuchsiz elektrolitlarda bunday ta’sir kuchsizroq, chunki kuchsiz elektrolitlar qisman dissotsilanadi. Kuchli elektrolitlarda ionlararo elektrostatik ta’sirlar kuchli bo‘lganligi uchun ularni noideal eritmalar deb qarab aktivlik usulidan foydalanish kerak. Real eritmalarining xossalari ifodalashda ideal eritmalarining sodda tengliklaridan foydalanish mumkin bo‘lishi uchun 1907-yili



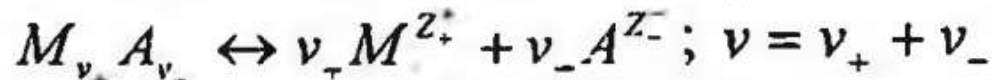


Lyuis effektiv konsentratsiya, ya'ni aktivlik degan nisbiy tushunchani fanga kiritdi. Aktivlik erigan moddaning haqiqiy konsentratsiyasi bilan

$$\alpha = \gamma C$$

ifoda orqali bogiangan, bu yerda:  $\alpha$  - aktivlik;  $C$  - konsentratsiya;  $\gamma$  - aktivlik koeffitsiyenti. Aktivlik konsentratsiyaning o'lchov birliklarida ifodalanadi, chunki aktivlik koeffitsiyenti o'lchov birligi bo'lmagan kattalikdir. U ushbu eritma xossalarini ideal eritma xossalaridan chetlanish darajasini ifodalaydi. Ionlar orasida o'zaro ta'sir deyarli bo'lmagan cheksiz suyultirilgan elektrolit eritmaları uchun aktivlik konsentratsiyaga tenglashadi va aktivlik koeffitsiyenti birga teng bo'ladi. Agar konsentratsiya o'rniga Raul, Genri, Vant-Goff va boshqa qonunlarni ifodalovchi tenglamalarga aktivlikning tajriba qiymatlarini qo'ysak, ushbu tenglamalar real eritmalar, xususan, kuchli elektrolitlarning eritmaları uchun ham to'g'ri bo'ladi. Aktivlik tushunchasining kiritilishi real eritmadagi zarrachalarning o'zaro ta'sirlashishini murakkab tomonlariga e'tibor bermasdan, sistema xossalarining ideailikdan chetlashishga olib keluvchi ushbu ta'sirlashishning umumiy effektini baholash va ideal eritmalar qonunlarini real sistemalarga qo'llashga yordam beradi.

$M_{v_+} A_{v_-}$  kuchli elektrolitni ko'rib chiqamiz:



Eritmaning elektroneytral bo'lishi talabiga muvofiq elektrolitning kimyoviy potentsiali  $u_2$  ionlarning kimyoviy potentsiallari bilan quyidagicha bog'langan:

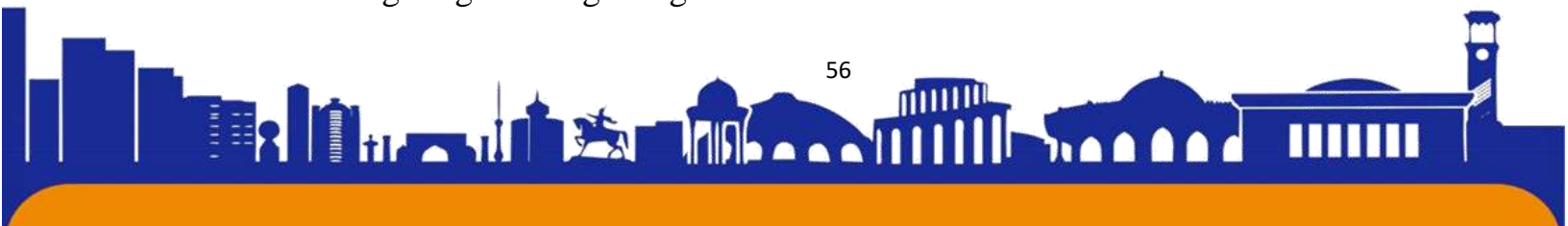
$$\mu_2 = v_+ \mu_+ + v_- \mu_-$$

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

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

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

bu yerda:  $\rho$  solishtirma qarshilik bo'lib, o'tkazgichning uzunligi va yuzasi bir birlikka teng boiganda  $R$  ga teng.





ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 4.9 / 2023

Elektr o'tkazuvchanlik qarshilikka teskari boigan kattalikdir:

$$\omega = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{S}{l} = \alpha \cdot \frac{S}{l}$$

Elektr o'tkazuvchanlik  $W$  simenslarda o'lchanadi ( $1 Sm = 1 Om^{-1}$ ). Solishtirma qarshilikka  $p$  teskari bo'lgan kattalik solishtirma elektr o'tkazuvchanlik  $w$  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:

$$\alpha = \frac{1}{\rho}$$

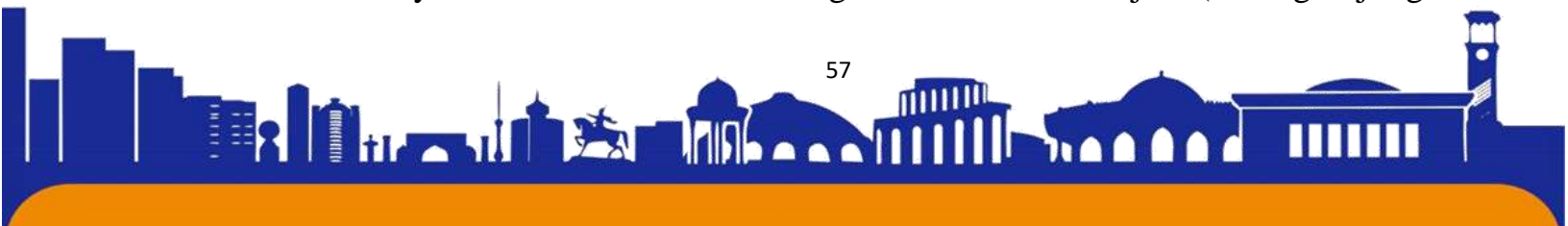
Elektr maydonning kuchi ta'sir qilguncha eritmadagi ionlar xaotik issiqlik harakati holatida bo'ladi. Maydon ta'sirida ionlar harakati yo'nalgan holatga keladi. Bu harakatning tezligi maydon kuchlanganligiga proporsional boiadi:

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

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

Kuchli elektrolitlar eritmalarda toiiq dissotsilanadi (konsentratsiya juda katta bo'lmaganda), shuning uchun har qaysi ishorali ionlarning konsentratsiyasini  $C$  (molyar) orqali ifodalashimiz mumkin:  $C = v \cdot C / 1000$ , bu yerda  $v$  - elektrolit molekulasidagi ayni ishorali ionlarning soni.

Kuchli elektrolitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi elektrolitning konsentratsiyasiga va ionlarning harakatchanligiga bog'liq. Konsentratsiya ortishi bilan ionlar o'rtasidagi elektrostatik ta'sir natijasida ularning harakatchanligi kamayadi. Bu ta'sir solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqlik grafigida maksimumlar paydo bo'lishiga olib keladi. 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 molekullarning bir qismi dissotsilanmaydi. Kuchsiz elektrolitlarning dissotsilanish darajasi (ionlarga ajralgan





molekulalarning sonini eritilgan molekulalarning umumiy soniga nisbati) konsentratsiyaga bog'liq.

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

Kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $aC$  ko'paytmasiga bog'liq. Eritmaning konsentratsiyasi unchalik katta bolmaganda konsentratsiya ortib borishi bilan  $aC$  ko'paytmaning qiymati 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.

Elektrolitik dissotsilanish darajasi bilan bog'liq elektrolit eritmalarining elektr o'tkazish qobiliyatini tavsiflash uchungina ekvivalent  $L$  yoki molyar  $u$  elektr o'tkazuvchanlik ishlatiladi:

$$L=1000w/C; \quad u=1000wz/C$$

Demak, ekvivalent va molyar elektr o'tkazuvchanlik o'zaro quyidagicha bog'langan  $u= zL$ , bu yerda:  $z$  —elektrolit molekulasidagi g-ekv 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 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 kerak bo'ladi. 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 relaksatsion tormozlanishga olib keladi. Eritmaning konsentratsiyasi ortishi bilan kuchli elektrolitlarda ionlar harakatchanligining va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning kamayishiga relaksatsion tormozlanish sababdir.





## II. Tajribaviy qism

### Elektrolitlar eritmaları elektr o'tkazuvchanligini aniqlash

#### Ishning maqsadi:

1. Elektrolitlar elektr o'tkazuvchanligini amaliy usul bilan aniqlash;
2. Idish doimiylikni aniqlash;
3. Turli konsentratsiyali (5%, 15% va 20%)  $AlCl_3$ ,  $FeCl_3$  larning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini aniqlash.

#### Kerakli jihozlar:

1. Elektrolitlar eritmaları qarshiliklarini o'lchovchi asboblari;
2. Elektr o'tkazuvchanlikni aniqlovchi idish;
3. Termostat;
4. Kerakli reaktivlar;
5. O'lchov kolbalari.

**Ishning bajarilishi:** Kuchli elektrolitlar ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini aniqlash uchun, ketma-ket suyultirish usuli bilan turli konsentratsiyali eritmalar tayyorlanadi (0,1n dan 0,001n konsentratsiyalargacha). So'ngra berilgan elektrolit eritmalarining solishtirma elektr o'tkazuvchanliklari asbob yordamida o'lchanadi.

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni bilgan holda

$$\lambda_m = \frac{1000}{c} \cdot \chi$$

formula yordamida ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik hisoblanadi. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik aniqlangandan so'ng, quyidagi formulalar yordamida cheksiz suyultirilgan eritmalarining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini va elektrolit dissosiyalanishi darajasi topiladi:

$$\lambda = \alpha \cdot F(u_+ + u_-)$$

$$\lambda_\infty = F(u_+ + u_-)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$$

#### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati







1. Abbaspour, M. A. Mehrgardi, A. Noori, M. A. Kamyabi, A. Khalafi-Nezhad, and M. N. S. Rad, "Speciation of iron(II), iron(III) and full-range pH monitoring using paptode: a simple colorimetric method as an appropriate alternative for optodes," *Sensors and Actuators B*, vol. 113, no. 2, 2006.

2. J.-P. Cornard, A. Caudron, and J.-C. Merlin, "UV-visible and synchronous fluorescence spectroscopic investigations of the complexation of Al(III) with caffeic acid, in aqueous low acidic medium," *Polyhedron*, vol. 25, no. 11, 2006.

3. N. Tounsi, L. Dupont, A. Mohamadou et al., "Thermodynamic and spectroscopic studies of copper (II) complexes with three bis(amide) ligands derived from L-tartaric acid," *Journal of Inorganic Biochemistry*, vol. 99, no. 12, 2005.

4. Cherevotan A., Raj J., Peter SC An overview of porous silica immobilized amines for direct air CO<sub>2</sub> capture // *J. Mater. Chem. A. The Royal Society of Chemistry*, 2021. Vol. 9, No. 48. P. 27271–27303.

5. Eshmurodov XE, Turayev XX, Djalilov AT, Geldiyev Yu.A., Babamuratov BE Development of carbamide-formaldehyde resin-based glue compositions modified with silicon organic compounds // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. 2020. #7-8.

6. Эшмуродов Х.Э., Гелдиев Ю.А., Тураев Х.Х., Умбаров И.А. and Джалилов А.Т., Бабамуротов Б.Э. Получение и исследование модифицированных глифталевых смол с кремнийорганическим соединением // *Universum: технические науки*, 2020. 81(12).

7. Geldiev Y. A., Turaev Kh. Kh., Umbarov I. A. Thermal analysis of modified polysilicic acid with amino alcohols // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. 2022. №3-4.

8. Эшмуродов Х.Э., Гелдиев Ю.А., Тўраев Х.Х., Джалилов А.Т. "Синтез и исследование олигомеров на основе эфиров кремниевой кислоты" // *Universum: Химия и биология*, -7 (73) 2020. -С.46-49.

