

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

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

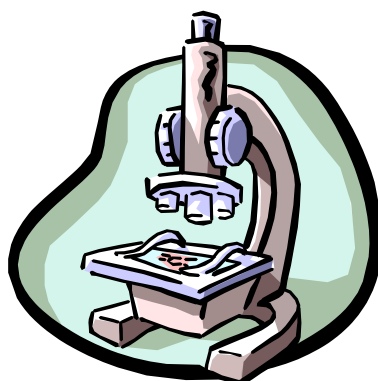
TABIIY FANLAR FAKULTETI

KIMYO YO'NALISHI II-KURS TALABASI

BARAKAYEVA DILDORANING

“ ANALITIK KIMYO” FANIDAN YOZGAN

KURS ISHI



Topshirdi:

D.Barakayeva

Qabul qildi:

T.Sattarov

Mavzu: Kompleks birikmalar

R E J A

I.KIRISH

II.ASOSIY QISM

2.1 Kompleks birikmalar haqida umumiy tushunchalar;

2.2 Kompleks birikmalar tuzilishi;

2.3 Kompleks birikmalarning barqarorligi;

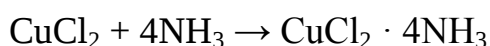
III.AMALIY QISM

3.1 Kompleks birikmalar eritmalaridagi muvozanatga oid masalalar yechish usullari;

3.2 Mustahkamlash uchun masalalar va testlar;

Umumiy tushunchalar.

Uzoq vaqt olib borilgan tadqiqotlar natijasida XIX asrning oxirlariga kelib, barcha kimyoviy birikmalar ikki turkumga bo'linadi : bularning biri atomli (yoki sodda) birikmalar va ikkinchisi **molekulyar** (yoki murakkab) **birikmalar** nomini oldi. Keyinroq birinchi xil birikmalar **birinchi tartibdagi birikmalar**, ikkinchisi esa **yuqori tartibdagi birikmalar** deb ataladi. CuCl_2 , BF_3 , NH_3 , FeCl_3 kabi moddalar birinchi tartibdagi birikmalar qatoriga kiritildi ; ularning hosil bo'lishi valentlik qoidasiga bo'ysunadi. Yuqori tartibdagi birikmalar biror sodda birikmaning boshqa sodda birikma bilan o'zaro birikishi natijasida hosil bo'ladi. Masalan, mis xlorid eritmasiga ammiak ta'sir ettirilganda bu ikki sodda birikmadan molekulyar birikma hosil bo'ladi :



Vaqt o'tishi bilan yuqori tartibdagi birikmalarning soni kuyib bordi. Keyinchalik, yuqori tartibli birikmalarning nisbatan barqarorlari kompleks (koordinatsion) birikmalar deb ataladi. Tasser 1798 yilda birinchi bo'lib kompleks birikma ($\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$) ni hosil qildi. Kompleks birikmalarni o'rganish shuni ko'rsatdiki, kompleks hosil bo'lish hodisasi ayrim elementlardagina uchramasdan, balki D.I.Mendeleyev davriy sistemasining ko'pchilik elementlariga xos bo'lgar hodisadir.

Koordinatsion birikma shunday birikmaki, uning molekulasi yoki ioni markaziy ion yoki atomga ega bo'lib, buni bir necha ion yoxud molekulalar, ya'ni ligandlar qurshab turadi.

Hozirgacha koordinatsion birikmalarga aniq ta'rif berilmagan. Akademik Y.N.Kukushkin kompleks birikmalarga quyidagi ta'rifni berdi : «Kompleks birikma deganda kristall holatda bo'lmasin, eritmada bo'lmasin.

tarkibida ligandlar bilan qurshalgan markaziy atomi mavjud birikmalarni tushunmoq kerak».[*2]

Ligand markaziy atom atrofida bitta yoki bir necha o'rin egallashi mumkin. Masalan : Cl^- , Br^- , I^- , CO , H_2O , NH_3 kabi ligandlarning har biri bittadan o'rin oladi. Ular monodentat ligandlar deyiladi. Oksalat ion $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ning har biri ikkita o'rin oladi, shuningdek etilendiamin — $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ (En) ham ikkita o'rin oladi. Bular bidentat ligandlar deyiladi.

Kompleks birikma hatto eritmalarda ham mustaqilligini saqlab qolishga intiladi, ionlarga ham dissotsilanadi. Markaziy ionining musbat zaryadi uni qurshab turgan ligandlar manfiy zaryadlari yig'indisidan ortiq bo'lsa, bunday kompleks — kation kompleks, markaziy ionning zaryadi uni qurshab turgan ligandlar zaryadlarining yig'indisidan kichik bo'lsa, anion kompleks, markaziy ionning zaryadi bilan ligandlar zaryadlarining yig'indisi orasidagi ayirma nolga teng bo'lsa, neytral kompleks deb ataladi.

Kompleks birikmalar tabiatda ko'p tarqalgan. Masalan, o'simliklarning yashil qismida bo'ladigan va fotosintezni amalga oshiradigan modda — xlorofil magniyning koordinatsion birikmasidir, tirik hujayralarni kislorod bilan ta'minlab turuvchi modda — qon g y e m o g l o b i n i temirning koordinatsion birikmasidir. Juda ko'p minerallar, alyumosilikatlar koordinatsion birikmalardan iborat.

Koordinatsion birikmalar hosil qilish uchun birikish, almashinish, oksidlanish – qaytarilish reaksiyalaridan foydalaniladi.

Hosil qilingan koordinatsion birikmani reaksiyon aralashmadan ajratib olish ham katta ahamiyatga ega. Buning uchun : 1) erituvchini bug'latib konsentrlangan reaksiyon aralashma hosil qilib, uni muz va tuz aralashmasi bilan sovutib yoki unga shu moddaning kichik kristallarini tashlab, koordinatsion birikmanikristallga o'tkazishdan ; 2) reaksiyon aralashmaga koordinatsion birikmani eritmaydigan, lekin koordinatsion birikmaning hosil bo'lishida ishtirok etgar erituvchi bilan yaxshi aralashadigan boshqa biror erituvchidan oz – oz qo'sha borib

cho'ktirishdan ekstraksiya usulidan foydalaniladi. Ba'zi kompleks birikma juda tez hosil bo'ladi. Masalan, CuSO_4 eritmasiga NH_4OH eritmasi qo'shilishi bilan oq to'q ko'k tusli kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ hosil bo'ladi. Reaksiya aralashmaga etil spirt qushib, bu koordinatsion birikmani kristall holida ajratib olish mumkin. Bu birikmada Cu^{2+} markaziy ion, NH_3 molekulalari esa liganddir. Lekin ba'zan koordinatsion birikma hosil qilish uchun tajribani uzoq vaqt ma'lum sharoitda olib borishga to'g'ri keladi. Ba'zan, bir koordinatsion birikma hosil qilish uchun avval shu elementning boshqa koordinatsion birikmasini olib, so'ngra u bilan tegishli reaksiyalarni o'tkazish natijasida mo'ljallangan birikma hosil qilinadi. Masalan, $\text{K}_2[\text{Rh}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ tarkibli koordinatsion birikma olish uchun $\text{K}_2[\text{RhCl}_6]$ ning suvdagi eritmasini $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ eritmasi bilan 100°S da 2 soat qizdirishga to'g'ri keladi.

Hozirgi metallar koordinatsion birikmasini tayyorlash uchun suvli eritmalar ko'p ishlatilmoqda. Masalan, CrCl_3 ning suvdagi eritmasiga etilendiamin $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ qo'shib $\text{CrCl}_3 \cdot 3\text{En}$ tarkibli koordinatsion birikmani hosil qilib bo'lmaydi, lekin eritmada bu kompleksni hosil qilib kristall holida ajratib olish mumkin.

Ba'zan erituvchilar aralashmasidan foydalanish yaxshi natija beradi. Masalan, dipiridilning spirtidagi eritmasini FeCl_2 ning suvdagi eritmasiga qo'shganimizda $[\text{FeDip}_3]\text{Cl}_2$ tarkibli kompleks birikma hosil bo'ladi.

Kompleks birikmalar o'ziga xos suyuqlanish va qaynash temperaturasiga, hamda ma'lum erituvchilarda erish xususiyatiga egaligi, masalan, suvda eruvchanligi bilan oddiy moddalardan ajralib turadi.

Bular ichida tadqiqotchilar e'tiborini o'ziga jalb etadiganlari qatoriga koordinatsion birikmalarning rangi, elektr o'tkazuvchanligi, oksidlanish - qaytarilish xossalari, rang - barangligi, magnit va boshqa xossalari kiradi.

Kompleks hosil qiluvchi sistema rangining o'zgarishini tekshirish orqali ko'pincha birikma tarkibini va uning barqaror yoki beqaror ekanligini aniqlash mumkin. Komplekslarning infraqizil nur yutishini o'rganish orqali birikma tarkibidagi atomlararo bog'lanish xarakterini bilib olish mumkin.

Verner nazariyasi[**3]

1893 yilda A.Verner kompleks birikmalarning tuzilishi haqida yangi nazariya yaratdi. Bu nazariya quyidagi uch banddan iborat :

- 1) ayrim elementlar o'zining asosiy valentliklaridan tashqari, yana qo'shimcha valentlik namoyon qila oladi ;
- 2) har qaysi element o'zining asosiy va qo'shimcha valentligini to'yintirishga intiladi ;
- 3) markaziy atomning qo'shimcha valentligi fazoda ma'lum yo'nalishga ega bo'ladi.

Verner nazariyasi koordinatsion nazariya deb ataladi.

Vernerning fikricha birinchi tartibdagi birikmalar asosiy valentlik hisobiga, koordinatsion birikmalar esa qo'shimcha valentlik hisobiga hosil bo'ladi. Masalan, $PtCl_4$ bilan KCl birikib, $PtCl_4 \cdot 2KCl$ ni hosil qilganida Pt va Cl ionlari o'zlarining asosiy valentligidan tashqari yana qo'shimcha valentlik namoyon qiladi: bu yerda tutuash chiziqlar asosiy valentlikni, uzlukli chiziqlar qo'shimcha valentlikni ko'rsatadi. Hozirgi zamon termini bilan aytganda asosiy valentlik elementning ayni birikmadagi oksidlanish darajasini, qo'shimcha valentlik esa uning koordinatsion sonini ko'rsatdi. $PtCl_4 \cdot 2KCl$ da platinaning asosiy valentligi 4 ga, qo'shimcha valentligi 6 ga tengdir.

Koordinatsion birikmadagi markaziy atom bilan bevosita birikkan ligandlar orasidagi barcha bog'lanishlar soni markaziy atomning koordinatsion soni deb ataladi. Koordinatsion birikmada markaziy atom bilan ligandlar orasidagi barcha bog'lanishlar bir xil kuchga ega bo'ladi.

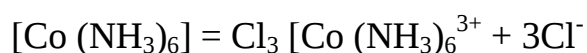
Markaziy ionning koordinatsion soni 1 dan 12 gacha bo'lishi mumkin. Lekin 8 dan katta koordinatsion sonlar kam uchraydi. Bir valentligi elementlarning koordinatsion soni ko'pincha 2 ga teng bo'ladi; masalan: $[Ag(NH_3)_2]Cl$, $K[Ag(CN)_2]$. Ikki valentli elementlarning koordinatsion soni ko'pincha to'rtga

ba'zan uchga va oltiga teng bo'ladi; masalan, $\text{Na} [\text{PbI}_3] \cdot \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4] \text{Cl}_2$. Uch va to'rt valentli elementlarining koordinatsion soni asosan oltiga teng, masalan, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Besh valentli elementlarning koordinatsion soni 7 ga teng bo'ladi, masalan, $\text{K}_2[\text{NbF}_7]$.

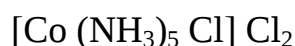
Umuman shuni aytib o'tish kerakki, ayni elementning koordinatsion soni elementning valentligiga, ligandlar eritmasining konsentratsiyasi va markaziy ion radiusining ligand radiusiga ligand radiusiga bo'lgan nisbatiga bog'liq bo'ladi.

Magnusning ko'rinishiga muvofiq: $R_m:R_l = 0,155$ bo'lsa, metallning koordinatsion soni 2 ga teng; $R_m:R_l$ nisbati 0,155 dan 0,225 gacha bo'lsa metallning koordinatsion soni 3 ga teng; bu nisbat 0,225 dan 0,414 gacha bo'lsa 4 ga; 0,414 dan 0,732 gacha bo'lsa 6 ga; 0,732 dan 1,37 gacha bo'lsa 8 ga teng bo'ladi (R_m - markaziy ion radiusi, R_l -ligand radiusi).

Markaziy atom bilan ligandlar koordinatsion birikmaning ichki qavatini tashkil qiladi. Masalan, $[\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3]$ da oltita ammiak kobalt bilan bevosita birikkar bo'lib, uchta xlor koordinatsion birikmaning tashqi qavatiga joylashadi; tashqi qavatdagi zarrachalar ichki sfera bilan ionli bog'langan bo'ladi. Masalan, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6] \text{Cl}_3$ ni suvdv eritilsa, u to'rtta ionga ajraladi:

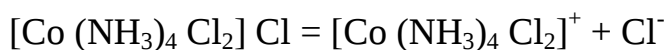


Bu eritmadagi hamma xlorni kumush nitrat bilan AgCl holida cho'ktirish mumkin. $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$ tarkibli koordinatsion birikmaning ichki sferasiga beshta ammiak molekulasini va bitta xlor ioni joylashadi, ikkita xlor ioni tashqi sferada bo'ladi:



Bu modda eritmada faqat uchta ionga parchalanadi. Uning eritmasiga kumush nitrat qo'shilganida hamma xlarning uchdan ikki qismigina AgCl holida cho'kmaga tushadi.

$\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ tarkibli koordinatsion birikma faqat ikkita ionga parchalanadi:



molekula tarkibidagi xlorning faqat uchdan bir qismi cho'kadi. Bu modda eritmasiga kumush nitrat ta'sir ettirilganda $\text{CoCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3$ tarkibli koordinatsion birikma alohida o'rinni egallaydi. Verner nazariyasiga binoan uning formulasi $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ dir. U suvda eritilganda ionlarga parchalanmaydi, eritma elektr tokini o'tkazmaydi.

Verner yana ligandning koordinatsion sig'imi degan tushunchani kiritdi. *Ayni ligand kompleksning ichki qavatida markaziy ion atrofida necha joyni band qilsa, bu son ligandning koordinatsion sig'imi deb ataladi.* Masalan, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ da CN^- ionining koordinatsion sig'imi birga teng, CN^- ionni temir ionni atrofidagi oltita o'rindan faqat bittasini band qiladi. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$ da har qaysi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ionining koordinatsion sig'imi ikkiga teng. Shuningdek, etilendiaminning koordinatsion sig'imi ham ikkiga teng. Koordinatsion sig'implari uchga va to'rtga teng bo'lgan ligandlar ham uchraydi (sig'imdentatlik deb ham yuritilishi yuqorida aytilgan edi).

Verner nazariyasining uchinchi bandi komplekslar tuzilishini stereokimyoviy jihatdan oydinlashtiradi. Verner koordinatsion birikmalarning fazoviy tuzilishini aniqlashda ayni koordinatsion birikmaning nazariya asosida topiladigan izomerlari sonini uning haqiqatan mavjud bo'lgan izomerlari soni bilan taqqoslash usulidan foydalaniladi, chunki rentgen nurlari kashf etilmasdan avval molekulalarning fazoviy tuzilishi faqat ana shu yo'l bilan aniqlanar edi.

Verner fikricha, agar M ning koordinatsion soni 6 ga teng bo'lsa, kompleks ion ichida 6 ta ligand markaziy iondan birdek uzoqlikda bo'lgan oltita nuqtaga joylashadi. Bu joylashish 1) tekislikdagi olti burchak shaklida (markazda M, burchaklarda esa ligandlar turadi) yoki 2) fazoviy trigonal prizma va 3) fazoviy oktaedr shaklida bo'lishi mumkin.

MA_4V_2 va MA_3V_3 tartibli komplekslar tekis olti burchakli shaklda uchta izomerga, uchburchakli prizma shaklida ham uchta izomerga, oktaedrik shaklda esa ikkita izomerga ega bo'lishi kerak. Tajribaning ko'rsatishicha MA_4V_2 va MA_3V_3 larning ikkitadan izomeri bor. Shunday qilib, Verner bu koordinatsion birikmalar oktaedrik tuzilishga ega ekanligini ko'rsata oldi.

Bu fikr to'g'ri ekanligi keyinchalik boshqa tadqiqotlar asosida tasdiqlandi. Yana shuni ham aytib o'tamizki, A.Verner nazarichsining yaratilishidan ilgari kimyo sohasida S.Arreniusning elektrokimyoviy nazariyasi, Y.Vant – Goff hamda Le Belning stereokimyoviy tasavvurlari, D.I.Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy sistemasi kashf etilgan edi. Lekin bu tasavvurlarga asoslanib koordinatsion birikmalarning, masalan, $CoCl_3 \cdot 6NH_3$, $PtCl_2 \cdot 2NH_3$, $CuCl_2 \cdot 4NH_3$ ning tuzilishini izohlab bo'lmagandi, chunki valentlik haqidagi klassik nazariyaga muvofiq $CoCl_3$, $PtCl_2$ va $CuCl_2$ valentlik jihatdan to'yingan birikmalar deb qaralar edi. Shu sababdan A.Verner nazariyasining yaratilishi kimyo fanida katta kashfiyot qabul qilindi.

Koordinatsion birikmalarni tekshirishda cho'ktirish reaksiyalari va elektr o'tkazuvchanlikdan keng foydalanildi. Bulardan ikkinchisini bayon etamiz. Verner koordinatsion birikmalar tuzlari eritmalarining molekulyar elektr o'tkazuvchanligidan foydalanib, koordinatsion birikmalarning nechta ionga parchalanishini aniqlay oldi.

Tarkibida 1 mol erigan modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligi shu moddaning molekulyar elektr o'tkazuvchanligi deb ataladi :

Bu yerda : μ – eritmaning molekulyar elektr o'tkazuvchanligi, k – solishtirma (ya'ni 1 sm^3 eritmaning) elektr o'tkazuvchanligi, v – tarkibida 1 mol erigan modda bo'lgan eritma hajmi.

Agar koordinatsion birikma eritmada faqat ikkita ionga disotsilansa, $\mu \cong 100 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^3$ ga yaqin bo'ladi.

Agar koordinatsion birikma tuzi uchta ionga dissotsilansa μ ning qiymati $240 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^3$ ga teng yaqin bo'ladi. To'rtta ionga parchalanadigan koordinatsion birikma uchun $\mu = 430 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^3$ ga teng. Beshta ionga parchalanadigan tuzlarning molekulyar elektr o'tkazuvchanligi $\mu = 550 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^3$ ga yaqin bo'ladi. Noelektrolit moddalar uchun μ ning qiymati nolga yaqin.

Bunday xulosalardan foydalanib, koordinatsion birikmalarning ichki sferasida qaysi ion turishini bilish va uning zaryadini aniqlash mumkin. Verner va Miolati kation koordinatsion birikma tarkibiga ketma – ket anionlar kiritish yo'li bilan kation koordinatsion birikmadan anion koordinatsion birikmalarga o'tilganida μ ning qiymati, avval, qariyb nolga qadar pasayib, keyin ortishini juda ko'p misollarda ko'rsatdilar.

Shunday qilib, Verner nazariyasi koordinatsion birikmalarni to'g'ri tushunishga yordam beradigan klassik nazariyadir.

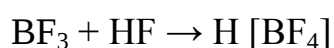
Koordinatsion birikma hosil qiluvchilar va ligandlar.

U yoki bu elementning koordinatsion birikma hosil qilish qobiliyati o'sha element atomining sirtqi elektron qavati tuzilishiga va uning davriy sistemadagi o'rniga bog'liq bo'lib, koordinatsion birikma hosil qiluvchilar jumlasiga asosan sirtqi qavatda yetarli darajada bo'sh orbitallari bo'lgan metall ionlar kiradi.

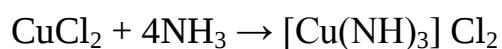
Koordinatsion birikma hosil qiluvchi zarracha elektron juftining akseptori vazifasini bajaradi. Agar markaziy atom kimyoviy bog'lanishda o'zining bo'sh s- orbitallari bilan ishtirok etsa, bu holda faqat σ (sigma) – bog'lanish, agar bo'sh r- orbitallar ham qatnasha, σ - va π - bog'lanishlar yuzaga keladi (u r-, d- yoki f - orbitallari bilan ishtirok etganida ham σ - va π - bog'lanishlar kelib chiqadi).

Koordinatsion birikma xillari.[*5]

Biz koordinatsion birikmalarni kation, anion va neytral koordinatsion birikmalar deb uch sinfga bo'lgan edik. Lekin Verner nazariyasi yaratilgan davrda barcha koordinatsion birikmalarni ularning hosil bo'lish sxemasiga qarab quyidagi ikkita katta sinfga bo'lingan : a) biriktirib olish mahsulotlari, b) singdirilish mahsulotlari. Masalan, agar BF_3 ga HF qo'shilsa, biriktirib olish mahsuloti hosil bo'ladi :



Bu reaksiyada F^- ionlari ichki qavatda qoladi. Singdirilish mahsulotlari : mis xloridga ammiak qo'shilganida mis bilan ikkita xlor orasiga 4NH_3 go'yo «pona» bo'lib joylashadi :



Reaksiya natijasida xlor ionlari mis ionidan uzoqlashib, koordinatsion birikmaning sirtqi sferasiga o'tadi.

Ba'zi koordinatsion birikmalar borki, ularni ham biriktirish, ham singdirilish mahsulotlari jumlasiga kiritish mumkin. Hozirgi vaqtda koordinatsion birikma tarkibidagi ligandlarning xillariga qarab barcha koordinatsion birikmalarni quyidagi sinflarga ajratiladi :

1. *Aminat va ammiakatlar.* Bular o'zining ichki sferasida ammiak yoki boshqa organik aminlar bo'lgan koordinatsion birikmalardir. Bu birikmalarda markaziy atom bilan ligandlar azot atomlari orqali bog'langan bo'ladi. Ammiak molekulasi har biri bittadan koordinatsion o'rinni egallaydi. Shuning uchun ichki sferada bo'ladigan ammiak molekullar soni markaziy ionning koordinatsion soniga bog'liq bo'ladi.

Mis, nikel, kobalt kabi elementlar juda barqaror ammiakatlar hosil qiladi.

Organik aminlardan etilendiamin va piridin ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) juda ko'p metallar bilan komplekslar hosil qildi.

2. *gidratlar va akvakomplekslar.* Anorganik moddalarda suv molekulasini bilan birikib turg'unligi turli bo'lgan birikmalar hosil qilish hodisasi keng tarqalgan. Ichki va sirtqi qavatida suv molekulasini tutgan koordinatsion birikmalar *gidratlar* deb nomlangan. Agar suv molekulasini koordinatsion birikmalarda ligandlik vazifasini bajarsa, bunday birikmalarni *akvakomplekslar* deb ataladi. Tuzlar gidratlarining kristall panjarasida suv molekulasini joylashib qoladi; buning ikkita sababi bor: birinchisi – ion dipol tortilishi bo'lib, ikkinchisi – mustahkam vodorod bog'lanishning mavjudligidir. Suv molekulasini ba'zi kristallgidratlarda kristall panjara bo'shlig'ini to'latib, modda tuzilishini mustahkamlaydi; aks holda, panjarada katta kation yoki anion borligi sababli kristall oson yemirilib ketadi. Masalan, $\text{FeSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ va $\text{Na}_2\text{XeO}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ barqaror kristallgidratlar jumlasiga kiradi, lekin FeSiF_6 va Na_4XeO_4 suvsiz holda mavjud emas. Bunga sabab katta zaryadli anion (masalan, SiF_6^{2-}) bilan xuddi o'zidek ikkinchi anion (masalan: yana SiF_6^{2-}) orasidan itarilish kuchi yuzaga keladi; shuning uchun kristall panjara suv molekulasini bo'lmagan sharoitda barqaror kristall panjara hosil bo'lmaydi. Kristallgidrat tarkibidagi suv molekulasini hammasi metall ionni qurshab olmagan hollarda ham, bu molekulasini vodorod bog'lanish hosil bo'lishida ishtirok etadi. Masalan, kristall holdagi mis (II) – sulfat pentagidratida ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) bitta mis atomiga 5 molekula suv to'g'ri keladi, ulardan faqat 4 tasi metall atrofida koordinatsiyalangan, beshinchi suv molekulasini 2 ta vodorod bog'lanish orqali 2 ta suv molekulasini bilan birikadi.

Ko'pchilik kristallgidratlarda uchraydigan suv molekulasini hammasi soni 2, 4, 6, 7, 8, 10 va 12 ga teng bo'lgan hollar ko'p uchrayib turadi. Bu qatordagi ko'rinadiki kristallgidratlarda suv molekulasini hammasi soni markaziy ionning koordinatsion soniga teng bo'lavermaydi.

Kristallgidrat yoki koordinatsion qavatga joylashgan suv molekulalarining qizdirishga munosabati turlicha, koordinatsion qavatdagi suv molekulalarining bug‘ holga o‘tishi uchun talab etiladigan temperatura gidratlangan holatdagi suv ($105 - 115^{\circ}\text{S}$) ga nisbatan yuqori temperaturani talab etadi. Birikmalardagi bunday suv molekulalari farqini kimyoning termoanaliz sohasi o‘rganadi.

3. *Atsidokomplekslar. Ligandlari kislota qoldiqlaridan iborat koordinatsion birikmalar atsidokomplekslar deb ataladi.*

Masalan, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: atsidokomplekslarda bir nechta xil kislota qoldig‘i ham bo‘lishi mumkin. Masalan, $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NO}_2)_4\text{Br}_2]$.

Qo‘shaloq tuzlar ham atsidokomplekslar jumlasiga kiradi. Qo‘shaloq tuzlar bilan haqiqiy koordinatsion birikmalar orasidagi ayirma shundaki, qo‘shaloq tuz suvda eritilganda o‘z tarkibidagi ionlari parchalanib ketadi. Masalan, karnallit $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ni $\text{K}[\text{MgCl}_3]$ tarkibli koordinatsion birikma deb qarash mumkin. Agar bu modda barqaror koordinatsion birikma bo‘lganida edi, eritmada K^+ va MgCl_3^- ionlariga parchalanardi, vaholanki, karnallit suvda eritilganda K^+ , Mg^{+2} va Cl^- ionlarini hosil qiladi.

Demak, *qo‘shaloq tuzlar suvdagi eritmalarda nihoyatda beqaror atsidokomplekslardir.*

4. *Poligalogenidlar. Markaziy ion va ligandlari galogenlardan iborat koordinatsion birikmalar poligalogenidlar deb ataladi.* Masalan : $\text{K}[\text{JJ}_2]$; $\text{K}[\text{Icl}_4]$; $\text{K}[\text{BrCl}_2]$.

5. *Polikislotalar. Bularni kislota molekulasiga shu yoki boshqa kislota ning angidriti kelib qo‘shilgan mahsulotlar deb qarash mumkin.*

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ham polikislotalar, chunki u H_2SO_4 ni SO_3 bilan to‘yintirilganda hosil bo‘ladi.

Xromning $\text{H}_2\text{CrO}_2 \cdot \text{CrO}_3$, $\text{H}_2\text{CrO}_4 \cdot 2\text{CrO}_2$ va $\text{H}_2\text{CrO}_4 \cdot 3\text{CrO}_3$ tarkibli polikislotalari ma’lum. Polikislotalar hosil qiluvchi oddiy kislotalar jumlasiga H_3PO_4 , H_4SiO_4 , H_3BO_3 , H_2MoO_4 , H_2WO_4 , HVO_3 va boshqalar kiradi.

Biror kislota shu kislota angidriti kelib qo'shilishdan hosil bo'lgan polikislotalar *izopolikislotalar* deb ataladi.

Agar biror kislota boshqa kislota angidriti kelib qo'shilsa *geteropolikislota* hosil bo'ladi. Masalan, $H_2WO_4 \cdot 3WO_3$ izopolikislota uchun, $H_3BO_3 \cdot 12WO_3 \cdot nH_2O$ esa geteropolikislota uchun misol bo'la oladi.

Biror kislota hosil bo'lgan izopolikislota kuchi shu kislota kuchidan ortiq bo'ladi. Masalan, H_2CrO_4 ning dissotsilanish konstantasi $K_2 = 3 \cdot 10^{-7}$, bixromat kislota $H_2Cr_2O_7$ niki esa $K_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ dir. Geteropolikislota tuzi — ammoniy fosfor molibdat $(NH_4)_3 H_4 [P (Mo_2O_7)_6]$ ni dastlab 1826 yilda Y. Berselius olgan.

Bu moddalarning tuzilishi haqidagi nazariyalarni Miolata, Rozengeym, Pfeyffer yaratdilar. Keyinchalik V.I.Spitsin va boshqalar polikislotalarning tuzilish nazariyasini takomillashtirdilar.

6. *Siklik kompleks birikmalar*. Ichki sferasida siklli koordinatsion birikmalar siklik birikmalar deb ataladi.

Ley 1904 yilda ikki valentli mis tuzlari α – aminosirka kislota glikokol (glitsin) bilan zangori rangli mis glikokolyat hosil qilishini kuzatadi. Mis glikokolyatning suvdagi eritmasi elektr tokini yomon o'tkazadi..

Hosil bo'lgan moddada glikokol molekulalarining karboksil gruppasidagi vodorod atomlari misga almashinib, u bilan asosiy valentlik hisobiga bog'lanadi; undan tashqari mis atomi ikkita glikokol molekulasidagi ikkita azot atomi bilan qo'shimcha valentlik orqali ham birikadi. Shunday qilib, bunda besh a'zoli ikkita halqa bo'ladi.

Bu kabi birikmalar **xelatlar** yoki **ichki koordinatsion birikmalar** deb ataladi.

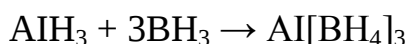
Faqat mis emas, balki xrom, kobalt, platina kabi metallar ham glikokol va analin (CH_3CHNH_2COOH) bilan xelatlar hosil qiladi.

Xelat hosil bo'lishi uchun ligand molekulasida boshqa – boshqa xossalari ikki xil gruppalar (masalan, $-NH_2$ va $-COOH$) bo'lishi kerak.

7. *Koordinatsion gidritlar.* Kislota va amfoter xossaligi gidritlar asosli gidritlar bilan suvdan boshqa erituvchida (masalan, efirda) reaksiyaga kirishsa, koordinatsion gidrit hosil bo'ladi:



Shuningdek, amfoter gidrit kislotali gidrit bilan ham koordinatsion gidrit hosil qiladi:



Koordinatsion gidritlar kuchli qaytaruvchi bo'lgani uchun laboratoriyada turli sintezlarni o'tkazish uchun qaytaruvchi sifatida ishlatiladi.

8. *Metallorganik birikmalarga o'xshash koordinatsion birikmalar.* Hozirda tarkibida organik ligandlar bo'lgan juda ko'p koordinatsion birikmalar olingan, masalan, $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ — ferrosyen (17°S suyuqlanadigan, 249°S da qaynaydigan diamagnit, jigar rang tusli juda barqaror kristall modda). $\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2$ — dibenzolxrom (284°S da suyuqlanadigan to'q — jigar rangli qattiq (suvda erimaydi, diamagnit organik erituvchilarda eriydigan) modda, $\text{Li}[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_5)_6] - \text{Li}^+$ tiy g y e k s a f y e n i l x r o m va hokazolar.

9. *Metall karbonillar.* Metallarning uglerod (II) — oksid bilan hosil qilgan birikmalari — karbonillar deb ataladi.

$\text{Ni}(\text{CO})_4$ birinchi olingan karbonil. Karbonil diamagnit modda hisoblanadi. Karbonillar toza metallar olishda katta ahamiyatga ega.

10. *Ko'p o'zakli koordinatsion birikmalar** Ba'zi koordinatsion birikmalarda bir necha metall atomi markaziy ion vazifasini bajarishi mumkin. Bunday koordinatsion birikmalar ko'p o'zakli koordinatsion birikmalar deb ataladi. Bularda markaziy ionlar bir — biri bilan «ko'prik rolini» bajaruvchi atom (kislorod) yoki atomlar gruppasi (OH , O-O , NH_2 , NH) orqali bog'langan bo'ladi. Ko'prik rolini masalan, OH^- , NH^- , O^{2-} , S^{2-} , Cl^- , CH_3COO^- , SO_4^{2-} o'tashi mumkin. Ko'prik vazifasini bajaruvchi ligandlar ikkita markaziy ion bilan birikkanligi (ya'ni ikki ichki sferaga taalluqli ekanligi) uchun boshqa ligandlarga qaraganda kamroq aktivlik namoyon qiladi. Ko'p o'zakli koordinatsion birikmalar ayniqsa

metallarning oktaedrik ammiakatlari, aminatlari sifatida ko‘p uchraydi. Bir necha koordinatsion sferalarni bir – biri bilan bog‘lovchi ko‘priklar soni kompleksda turlicha bo‘lishi mumkin. Ikkita oktaedri bir – biri bilan bitta ko‘prik — ligand orqali birikkanida bir koordinatsion sferaning bitta cho‘qqisi, ikkinchi koordinatsion sferaning bitta cho‘qqisi bilan ligand orqali birlashadi, masalan ;



Ba‘zan OH – gruppalar «ol» suffiks bilan ataladi, masalan, tetraoltrigidroksogeptaakvaxrom (III) xlorid – uch o‘zakli komplekslar jumlasiga kiradi, uning tuzilish formulasi quyidagicha :

di - μ - karbonilgeksakarbonildikobaltda

metall atomlar bir – biri bilan ham bevosita, ham ikkita CO molekullari orqali bog‘langan.

11. π – koordinatsion birikmalar. π – ligandlar jumlasiga to‘yinmagan organik moddalarning molekullari (atsetilen, etilen, siklopentadiyen C_5H_6 , olifenlar va ularning hosilalari), uglerod (II) – oksid va boshqa moddalar kiradi. π – ligandlar bilan metallar orasida hosil bo‘lgan birikmalar π – k o o r d i n a s i o n b i r i k m a l a r deb yuritiladi, ularning oddiy vakillari jumlasiga 1827 yilda daniyalik dorishunos Seyze hosil qilgan sariq rangli $\text{K}[\text{Pt}(\text{C}_2\text{H}_4) \text{Cl}_3]$ va pushti rangli $[\text{Pt}_2(\text{C}_2\text{H}_4)_2 \text{Cl}_4]$ birikmalar kiradi. Seyze suyultirilgan xlorid kislota eritmasidagi $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$ ga etilen ta’sir ettirib, bu moddalarni hosil qilishga muvaffaq bo‘ldi. Seyze tuzlarining tuzilishini 1951 yilda Dyuar aniqladi :

Ko‘ramizki, sariq rangli kompleks ion kvadrat komplekslar jumlasiga kiradi (bunda Pt atomida dsp^2 — gibridlanish yuz beradi). A. Gelman va D.I.Ryabchikov aniqlashicha, bu tuz KMnO_4 eritmasi ta’sirida oksidlanmaydi. 1934 yilda Dj.

Anderson Seyze tuzining suvdagi eritmasi 90⁰S dan yuqorida etilen molekulasini markaziy atom Pt (II) ta'sirida oksidlanib sirka aldegidiga aylanishini aniqladi :



Seyze tuzlaridagi kimyoviy bog'lanishni quyidagicha tushuntirish mumkin. Sariq rangli birikmada platina ioni Pt^{2+} ning bo'sh orbitali bilan etilenning ikki uglerod atomi orasidagi delokallangan ikkilamchi bog'ning π – orbitali bilan qoplanadi ; bu holatda elektron juft etilendan (umuman, olefin molekulasidan) metall ionga o'tadi ; undan tashqari metallning elektronlarga to'lgan orbitali bilan olifir molekulasidagi bo'shashtiruvchi molekulyar orbital orasida π – bog'lanish hosil bo'lishi mumkin.

Karbonillar π – koordinatsion birikmalar jumlasiga kiradi. Temir, kobalt va nikel uglerod (II) – oksid bilan bir necha birikma hosil qiladi. Bu birikmalar kukurholdagi metallarga yuqori bosimda uglerod (II) – oksid ta'sir ettirilishidan hosil bo'ladi.

Metall karbonillari hosil bo'lishini valent bog'lanish nazariyasi asosida tushuntirish mumkin : metallarning oksidlanish darajasi 0 holida qoladi, lekin metall atomida elektronlar qayta joylanib, metallarning elektron orbitallardagi toq elektronlarning bir qismi (yoki hammasi) juftlashadi. Natijada gibridlangan bo'sh orbitallar vujudga kelib ularga CO molekulari joylanadi, chunki har qaysi CC molekulasida bir juft erkin elektron mavjud. Masalan, temir karbonil hosil bo'lishida temir atomining $3d^64s^2$ orbitallaridagi sakkizta elektron $3d^8$ bo'lib juftlashadi va bitta d -, bitta s — va uchta p- orbital o'zaro gibridlanib, har biri teng energetik qiymatga ega bo'lgan beshta gibrid orbital hosil qiladi, ya'ni dsp^3 - gibridlanish sodir bo'ladi : bu beshta bo'sh orbitalga beshta CO birikadi va $\text{Fe}(\text{CO})_5$ hosil bo'ladi. Nikel karbonil $\text{Ni}(\text{CO})_4$ hosil bo'lishida sp^3 — gibridlanish ro'y beradi. Xrom karbonil — $\text{Cr}(\text{CO})_6$ d^2sp^3 — gibridlanish hisobiga hosil bo'ladi.

Temir, nikel va xrom karbonillarida toq elektronlar bo'lmagani sababli ular diamagnit xossalar namoyon qiladi.

Temir pentakarbonil $\text{Fe}(\text{CO})_5$ yorug'lik nurini kuchli sindiradi, suvda erimaydi, organik erituvchilar (benzol, benzin, efir) da yaxshi eriydigan suyuqlik. Motor yoqilg'ilarga antidetonator sifatida qo'shiladi; $\text{Fe}(\text{CO})_5$ qizdirilganda parchalanadi, shuning uchun toza temir olishda uning parchalanishidan foydalaniladi. $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ sariq rang kristall modda, qizdirilganda oson parchalanadi.

$\text{Ni}(\text{CO})_4$ — nikel tetrakarbonil zaharli suyuqlik, 200°S da parchalanib, nikel ko'zgu hosil qiladi.

Koordinatsion birikmalarda izomeriya hodisasi.

Koordinatsion birikmalarda xuddi organik birikmalardagi kabi izomeriya hodisasi keng tarqalgan. Ularda uchraydigan izomeriyani ikki guruhga ajratish mumkin.

Birinchisi *tuzilish izomeriyasi* va ikkinchisi *stereoisomeriya* deyiladi. birinchi gruppaga a) koordinatsion izomeriya, b) ionlanish izomeriyasi, v) gidrat izomeriya, g) koordinatsiyali polimerlanish, d) bog'lanish izomeriya, ye) o'rinbosar izomeriya, j) ligandlar izomeriyasi, z) konformatsion izomeriya, i) holat izomeriyasi, k) elektron izomeriya, l) transformatsion izomeriya va m) formal izomeriyalar kiradi.

Ikkinchi gruppaga: a) geometrik izomeriyaning *cis* — va *trans* — holatlari, b) optik izomeriya kiradi. Ularni alohida – alohida ko'rib o'tamiz.

Koordinatsion izomeriya. Koordinatsion birikmalarni tashkil etgan tarkibiy qismlari uning ichki qavatlarida turlicha joylashishi mumkin. Bu turdagi izomeriya turli markaziy ionlari va ligandlaribog'langan ikkita kompleks iondan tuzilgan birikmalarda uchraydi. Masalan, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6] \cdot [\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ geksamminxrom (III) – trioksala kobalt (III) – dan tashkil topgan, u och – yashil rangli yaproqchalar shakliga ega;

uning izomeri $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ geksaamin kobalt (III) -, trioksalat xrom (III) – esa yashil rangli ignasimon kristallardan iborat.

Ionlanish izomeriyasi. Bir xil tarkibli, lekin eritmada boshqa – boshqa ionlarga parchalanadigan koordinatsion birikmalar ionlanish izomeriyasi uchun misol bo‘ladi. Masalan, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$ va $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$ o‘zaro ionlashgar izomerlardir. Birinchi tuzning suvdagi eritmasiga bariy xlorid qo‘shilganda cho‘kma tushadi, ikkinchi tuz eritmasi bariy ionlari bilan cho‘kma bermaydi.

Gidrat izomeriyasi. Bir xil tarkibga ega bo‘lib, o‘z tarkibidagi suv molekulalarining joylanishi bilan bir – biridan farqlanadigan moddalar *gidrat* izomerlar deb ataladi. Masalan, xrom (III) – xloridning gekzagidrat $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ uch modifikatsiyada uchraydi.

Ulardan birinchisining suvdagi eritmasi och – binafsha rangli ; agar bu eritmaga kumush nitrat qo‘shsak, koordinatsion birikma tarkibidagi xlorning hammasi kumush ionlari bilan bog‘langan holda cho‘kmaga tushadi; eritmaning molekulyar elektr o‘tkazuvchanligi 4 ta ionga parchalanadigan elektrolit eritmasining molekulyar elektr o‘tkazuvchanligiga yaqin keladi. Demak, xlor ionlari koordinatsion birikmaning tashqi sferasiga joylashib, suv molekulalari ichki sferani band qiladi; uning formulasi $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$. ikkinchi tuzning suvdagi eritmasi yashil rangli, unga AgNO_3 qo‘shsak, barcha xlor ionlarining faqat uchdan bir qismi kumush xlorid holida cho‘kadi. Demak, uning tashqi sferasida 1 xlor ionlari va 2 molekula suv bo‘ladi, ya’ni $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Uchinchi izomer ham yashil rangli eritma hosil qiladi. Uning eritmasiga kumush nitrat qo‘shsak, xlorning uchdan ikki qismi cho‘kadi. Uning formulasi $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bo‘ladi.

Shuni ham aytib o‘tish kerakki, bunday izomeriya faqat tuzlarning gidratlarida uchragina qolmay, balki suv, piridin va boshqa moddalar bo‘lganda ham uchrayishi mumkin.

Koordinatsiyali polimerlanish. Koordinatsion polimer kompleks birikmalar o‘zaro bir – biridan faqat ligandlarning joylashishi bilan emas, balki o‘zining molekulyar massasi bilan ham farq qiladi. Koordinatsiyali polimerlanish kobalt, xrom, rodii va

boshqa elementlarning kompleks birikmalarida ko‘p uchraydigan hodisadir. Masalan, empirik formulasi $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ bo‘lgan modda 4 shaklda uchraydi : 1) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$, 2) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$, 3) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4] \cdot [\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]_2$, 4) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]_2[\text{PtCl}_4]$.

Bog‘lanish izomeriyasi. Ba’zi ligandlar, masalan, CN^- , SCN^- , NO_2^- va boshqa shunga o‘xshash ligandlar tarkibida ikkita donor atom bo‘ladi, shu sababli ular markaziy atom bilan turlicha koordinatsiya holatida bo‘lishi mumkin. Bu esa izomerlarning xossalari farq paydo bo‘lishiga olib keladi. Bunday zarrachalar ko‘pincha *ambidentat* ligandlar deb ataladi. Ksanto tuzlar mineral kislotalar ta’sirida parchalanmaydigan sariq tusli moddalardir. Lekin, izoksanto tuzlarga mineral kislota qo‘shilsa, ular parchalanib nitrit kislota ajralib chiqadi. Izoksanto tuzlar och – jigarrangligi bilan ksanto tuzlardan farq qiladi. Izoksanto tuzlariga mineral kislota qushilganda HNO_2 ning ajralib chiqishi kompleks birikmaning ichki sferasida $\text{O} = \text{N} - \text{O} -$ gruppasi borligini bildiradi.

O‘rinbosarlar izomeriyasi (yig‘indi izomeriya). Bunday birikmalarning koordinatsion qavatidagi ligandlardagi ba’zi atomlarning umumiy miqdori bir xil bo‘lsa ham, ular turli ligandlar tarkibida har xil miqdorda bo‘lishi mumkin.

Ligandlar izomeriyasi. Koordinatsion qavatda markaziy atomga birikkan ligandning o‘zi turli izomerlar holatida bo‘lishi mumkin. Masalan, koordinatsiyada aminobenzoy kislotaning orto-, meta- va para – izomerlari qatnashganda ligandlarning o‘zi bir – biridan farq qiladigan xossalari natijasida ularning hosil qilgan koordinatsion birikmalari ham bir biridan farq qiladi. Bunga misol tariqasida propilendiamin bilan trimetilendiaminni yoki piridinkarbonkislotaning turli fazoviy izomerlarini keltirish mumkin.

Konformatsion izomeriya. Bunday birikmalarda koordinatsion qavatda ligandlarning o‘zi fazoviy jihatdan farq qiladigan holatda bo‘ladi. Masalan, 1,3 – propilendiamin – $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{NH}_2$ «kreslo» yoki «vanna» holatida markaziy atomga koordinatsiyalangan bo‘lishi mumkin.

Holat izomeriyasi. Bu turdagi izomeriya geometrik izomeriyaga yaqin turadi, lekin o'ziga xos xususiyatga ega.

Elektron izomeriY. Bunday izomeriyaga yagona misol tariqasida tarkibi $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}]\text{Cl}_2$ bo'lgan moddani keltirish mumkin. Uning bir izomeri qora rangli va paramagnit xossaga, ikkinchisi qizil rangli va diamagnit xossaga ega. Taxmin qilinishicha, birikmalarning birida kobaltning oksidlanish darajasi +2, ikkinchisida esa +3 bo'lishi mumkin, ular bir biridan markaziy iondagi faqat bitta elektron soni bilan farq qiladi.

Transformatsion izomeriY. Bunday birikmalar ligandlaridagi atomlar soni bir xil, lekin ligandlar orasida genetik bog'lanish bo'lib, ular turli kimyoviy xossalarga ega bo'ladi.

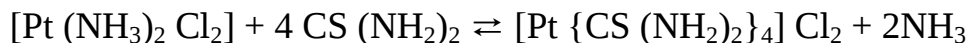
Formal (rasmiy) izomeriY. Bunday izomerlarni hosil qilishda qatnashgan ligandlar rasmiy jihatdan bir biriga miqdorlari teng bo'lgan atomlarga ega bo'ladi. Bunday izomeriyaga $[\text{Pt}(\text{NH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)\text{Cl}_2]$ va $[\text{Pt}(\text{CH}_3\text{NH}_2)_2\text{Cl}_2]$ lar misol bo'la oladi. Yuqorida aytilganidek, stereoizomeriya ikki ko'rinishda bo'ladi: a) geometrik yoki *cis* – va *trans* – izomeriya, b) optik izomeriY.

Tarkibi bir xil, ligandlari markaziy atom atrofida turli tartibda joylashgan koordinatsion birikmalar o'zaro geometrik izomerlar deb ataladi.

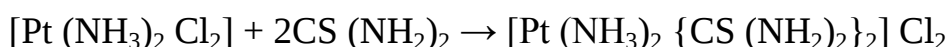
Birinchi navbatda koordinatsion soni 4 ga teng bo'lgan koordinatsion birikmalarni ko'rib chiqamiz. Bunday koordinatsion birikmalar tekis kvadrat yoki tetraedr shaklida bo'lishi mumkin. $[\text{MA}_2\text{B}_2]$ tarkibli koordinatsion birikma uchun ikkita geometrik izomeriya ma'lum. Agar kompleks birikma geometriyasi kvadrat shaklida desak, bu koordinatsion birikma izomerlarida ligandlar joylashadilar.

Agar kompleks ligandlari tetraedr cho'qqilariga joylashadi deb faraz qilsak, u holda $[\text{MA}_2\text{B}_2]$ tarkibli koordinatsion birikma faqat bir izomerdan iborat bo'lishi kerak, bu esa tajribaga zid keladi. Demak, $[\text{MA}_2\text{B}_2]$ tarkibli koordinatsion birikma tetraedr shaklida bo'lganda bunday izomeriya kuzatilmaydi. Masalan, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ni olaylik. Bu formulaga ikkita tuz mos keladi: 1) qovoq rangli Peyrone tuzi

cis – tuzilishiga ega. Bu tuzda ikkala xlor ioni va ikkala ammiak molekulasini yonma – yon joylashadi. U oʻzining toʻrtta ligandini tiomochevinaga almashtira oladi:



Reyze tuzi *trans* – tuzilishiga ega, u och – sargʻish rangli oʻzining faqat ikkita xlorini tiomochevinaga almashtira oladi:



$[\text{MA}_2\text{B}_2]$ turdagi koordinatsion birikmalarda ham ikkitadan geometrik izomer boʻlishi mumkin. MAVSD turdagi koordinatsion birikmalarda esa uchta izomer boʻladi. I.I.Chernyayev 1926 yilda $[\text{Pt}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)(\text{NH}_2\text{OH})(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})]\text{Cl}$ tarkibli koordinatsion birikmaning uchta izomerini sintez qildi.

Tarkibi MA_6 boʻlgan koordinatsion birikmalar geometrik izomerlarga ega emas, chunki oktaedrdagi 6 choʻqqi ligandlari bir – biridan farq qilmaydi. Bu xulosa tajribada ham tasdiqlangan. Agar MA_6 dagi bitta ligand A ni ligand B ga almashtirsak, MA_5B turdagi koordinatsion birikma hosil boʻladi. Ligand B oktaedr choʻqqisining qaysi biriga joylashmasin, baribir uning oktaedrdagi 5 ta ligand A larga munosabati oʻzgarmaydi.

Agar MA_5B dagi yana bir ligand A ni ligand B ga almashtirsak, MA_4B_2 turdagi koordinatsion birikma hosil boʻladi. Bu koordinatsion birikma 2 ta geometrik izomerga ega.

Sis – va *trans* – izomerlar boshqa – boshqa kimyoviy xossalarni namoyon qiladi. Ular oʻzining rangi va eruvchanligi bilan ham bir – biridan farq qiladi.

Bunday tuzilishli birikmalarda *yuza* – izomer deb ataladigan bir xil tabiatli ligandlar (OH^- yoki NO_2^-) oktaedrning bir uchburchakli yon tomoniga tegishli choʻqqini egallaydi, *meridional* izomerlarida esa shunday ligandlarning ikkitasi

markaziy atomning ikki qarama – qarshi tomonida bir o‘q ustida joylashadi. Bunday izomerlarni *sis* – va *trans* – izomerlar deb atash to‘g‘ri bo‘lmaydi.

Koordinatsion birikmalarda boshqa – boshqa tarkibli ligandlar soni ortgan sari izomerlar soni ham ortadi. $[MA_3B_2C]$ tarkibli koordinatsion birikma 3 ta, $[M(A_2BC)]$ va $[MA_3BCD]$ tarkibli birikmalar 4 tadan, $[M(ABCD)]$ ning esa 6 ta geometrik izomeri mavjud.

Koordinatsion birikmaning izomerlaribir xilda barqaror bo‘lavermaydi. Uning beqaror izomerlari barqarorroq holatlarga o‘tishi mumkin. Bu jarayonning tezligi markaziy atomning xossalriga bog‘liq. Masalan, platinaning koordinatsion birikmalarida bu jarayon juda sust borsa, palladiyning koordinatsion birikmalarida tez amalga oshadi. Palladiyning $[PdCl_2(NH_3)_2]$ tarkibli koordinatsion birikmasi *sis* – izomer holatidan *trans* – izomer holatiga o‘tadi. Agar ikki izomerning bir – biriga aylanish tezligi o‘zaro farq qilsa, unda faqat ularning barqaror izomeri mavjud bo‘ladi.

Tarkibida to‘rt xil ligandlari bor $[MABCD]$ tarkibli kompleks uchun geometrik izomerlar soni uchga teng.

Koordinatsion birikmaning tarkibi murakkablashgan sari geometrik izomerlarning soni ortib boradi. Masalan, $[MA_3BCD]$ tarkibli oktaedrik koordinatsion birikma 4 ta geometrik izomerga ega. $[MA_2B_2CD]$ tarkibli oktaedrik koordinatsion birikmada ham to‘rtta geometrik izomer bo‘lishi mumkin.

Rus olimlaridan A.D. Gelman va L.N. Essen $[Pt(NH_3)(C_5H_5N) \cdot NO_2ClBr]$ tarkibli oktaedrik koordinatsion birikmaning bir necha izomerlarini sintez qilishga muvaffaq bo‘ldilar. Nazariy mulohazalar bunday tarkibli oktaedrik koordinatsion birikmada 15 ta geometrik izomer bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Agar bu izomerlarning har biri uchun ikkitadan optik izomer to‘g‘ri kelishini hisobga olsak, jami 30 ta izomer mavjudligini bilib olish mumkin.

*Optik izomeri*Y. Molekulalari simmetriya markaziga yoki simmetriya tekisligiga ega bo‘lmagan va molekulyar massasi teng bo‘lgan moddalar o‘zaro *optik izomerlar* deb ataladi. Bu moddalarning biri yorug‘likning qutblanish tekisligini

o'ngga (d - shakl), ikkinchisi chapga (l - shakl) buradi, boshqacha aytganda ulai optik faollik namoyon qiladi. d – shakldagi moddani l – shakldagi moddaning ko'zgudagi aksi deb qarash mumkin.

Koordinatsion birikmalarni nomlash.

Koordinatsion birikmalarni nomlashda ba'zan ularning rangidan yoki shu moddani kashf etgan olim nomidan foydalaniladi.

A. Verner koordinatsion birikmalarni nomlash uchun «ratsional nomenklatura» yaratdi. Ratsional nomenklatura koordinatsion birikmalarning tarkib va tuzilishini aks ettirishi, ya'ni nomi moddaning tabiatiga mos bo'lishi kerak edi. Tuzsimor koordinatsion birikmalarni ikki so'z bilan, noionogen birikmalarni bir so'z bilan atash taklif qilindi. Shuningdek, ammiak — «ammin», suv — «akvo», oltingugurt — «tio», OH — «gidrokso», « — O — O — » esa «perokso», xlor — «xloro», ftor — «ftoro» va hokazo so'zlar bilan ifodalanadigan bo'ldi.

1963 yildan boshlab taklif qilingan nomenklatura halqaro nazariy va amaliy kimyo ittifoqi termin komissiyasi tomonidan tasdiqlangan.

I o n l a r n i n o m l a s h d a birinchi navbatda kation, undan keyin anion ataladi.

Masalan :

[Ag (NH₃)₂ Br – diamminkumush (I) – bromid

K₂ [CuCl₃] – kaliy trixloromis (I)

L i g a n d l a r n i n o m l a s h d a avval anion, so'ngra neytral ionlar va undan keyin kation nomi aytiladi. Ularning orasiga defis qo'yilmaydi. Anionlarni atashda dastlab oddiy anion, undan keyin ko'p atomli anion nomi aytiladi. Ularning nomiga «at» qo'shimchasi qo'shiladi. Masalan, K₂[Pt (NO₂)₂ Cl₂] – kaliy dixlorodinitroplatinat (II).

L i g a n d l a r s o n i n i i f o d a l o v c h i q o' s h i m c h a l a r. oddiy ligandlari sonini ifodalashda di-, tri-, tetra-, penta-, geksa- va hokazo qo'ishimchalari ishlatiladi.

Masalan,

K₄ [Fe (CN)₆] – kaliy geksatsianotemir (II)

$K_3 [Fe (CN)_6]$ - kaliy geksatsionotemir (III)

$[Al (H_2O)_6] Cl_3$ – geksaakvoalyuminiy xlorid.

Markaziy ionning oksidlanish darajasini ko'rsatish uchun uni qavs ichida lotir raqamlari bilan ifodalanadi. Bir koordinatsion markazni ikkinchisi bilan bog'lab turuvchi «ko'prik» vazifasini bajarayotgan gruppalarni atashda ularning oldiga μ - harfi qo'yiladi.

G y e o m y e t r i k i z o m y e r l a r n i nomlanishida ularning raqam belgilaridan yoki *sis* — va *trans* – terminlardan foydalaniladi.

O k t a e d r i k k o o r d i n a s i o n b i r i k m a l a r n i nomlashda ham raqam belgilardan va *trans* -, *sis* – terminlardan foydalaniladi.

Koordinatsion birikmalar kimyosining

muhim qoidalari[.2,4,5]**

1. *Peyrone qoidasi*. **Atsidokomplekslar ammiak yoki aminlar bilan reaksiyaga kirishganida *sis* – izomer holatidagi mahsulotlar hosil bo'ladi.**

Masalan, agar eritmada kaliy tetraxloroplatina (II) – $K_2 [PtCl_4]$ ning 1 mol miqdoriga 2 mol ammiak qo'shsak, *sis* – dixlorodiamminplatina hosil bo'lib, KCl ajralib chiqadi.

2. *Iorgensen qoidasi*. **Ammiakatlar kislotalar ta'sirida parchalanganida, ko'pincha, *trans* – izomer holatidagi atsidobirikmalar hosil bo'ladi.** Masalan tetramminplatina (II) xlorid $[Pt (NH_3)_4] Cl_2$ ni HCl bilan parchalaganimizda *trans* - dixlorodiamminplatina (II) hosil bo'ladi.

L.A.Chugayev 1906 yilda tarkibida besh va olti a'zoli halqalari bo'lgar koordinatsion birikmalar eng barqaror bo'ladi, degan qoidani ta'rifladi.

To'rt a'zoli halqaga ega bo'lgan koordinatsion birikmalar kamroq mustahkam bo'ladi, uch a'zoli halqasi bo'lgan koordinatsion birikmalar beqarordir. Masalan, platinaning etilendiaminli birikmasi $[Pt (NH_2 - (CH_2)_2 - NH_2)_2] Cl_2$ tarkibida ikkita besh a'zoli halqa bor.

Bu birikma nihoyatda barqaror, unga HCl ta'sir ettirsak ham parchalanmaydi.

Ikki valentli nikelning glioksimli birikmasida ikkita besh va ikkita olti a'zoli halqalar borligi uchun bu birikma juda ham barqarordir.

Bu birikma xatto HCl bilan qaynatilganda ham parchalanmaydi, uni faqat konsentrlangan nitrat kislota va zar suvi ($3\text{HCl} + \text{HNO}_3$) gina yemiradi.

4. N.S.Kurnakov qoidasi. *Trans*- va *cis*- shakllaridagi koordinatsion birikmalarni bir – biridan ajratish katta ahamiyatga ega.

Tekshirishlar natijasidan ma'lumki, ayni koordinatsion birikmaning *trans*- shakli uning *cis*- shakliga qaraganda yomon eriydi.

Trans- va *cis*- shakllarni bir – biridan farq qilishda N.Kurnakov qoidasi yordam beradi. N.S. Kurnakov *cis*- va *trans*- diaminlarning tiokarbamid $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ bilan reaksiyaga kirishishini tekshirdi, natijada *cis*- izomerdagi ligandlarning tiokarbamidga to'liq almashinishi aniqlandi:

Trans- izomerlarida esa ligandlar tiokarbamidga to'liq almashinmaydi, balki turli ligandli (aralash) koordinatsion birikmalar hosil bo'ladi.

L.A.Chugayev o'zining halqali koordinatsion birikmalar haqidagi qoidasini tajribada hosil qilingan mahsulotlarni sifat jihatidan tekshirish ma'lumotlari asosida ta'riflagan edi. XX asrning 40 – yillaridan boshlab bu sohada miqdoriy ma'lumotlar olinadigan bo'ldi. Shvartsenbax 1952 yilda amaliy natijalarni umumlashtirib, xelateffekt qoidasini quyidagicha ta'rifladi. Siklik koordinatsion birikma $\text{M}[\text{AA}]$ ning hosil bo'lish konstantasi notsiklik koordinatsion birikmaning hosil bo'lish konstantasidan bir necha marta kattadir. (A' — xossalari AA ning xossalariga yaqin bo'lgan monodentat ligand, AA esa – bidentat ligand). Misol tariqasida 2 ta koordinatsion birikmani ko'rib chiqamiz: biri notsiklik koordinatsion birikma $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ uning suvdagi eritmada hosil bo'lish konstantasi $K = 5 \cdot 10^9$, ikkinchisi siklik koordinatsion birikma $[\text{NiEn}_3]\text{Cl}_2$, uning ayni sharoitda hosil bo'lish konstantasi $K = 2 \cdot 10^{19}$. Binobarin, xelat koordinatsion birikma noxelat koordinatsion birikmaga qaraganda deyarlik 10^{10} marta barqarordir. Buning sababini tushunish uchun keltirilgan misoldagi koordinatsion birikmalar hosil bo'lganida standart Gibbs energiyasining o'zgarishi

ΔG^0 ni aniqlash kerak. Agar siklik koordinatsion birikmaning hosil bo'lish tenglamasidan notsiklik koordinatsion birikmaning hosil bo'lish tenglamasini ayirib tashlasak, quyidagi tenglamani olamiz:

Bu reaksiya uchun $K = 2 \cdot 10^{-19} : 5 \cdot 10^{-9} = 4 \cdot 10^{-9}$. Bundan izobarizotermik potensial qiymati: $\Delta G^0 = -2,303 RT \lg K = -2,303 \cdot 8,31 \cdot 298 \lg 4 \cdot 10^{-9} = -54,69 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ bo'ladi. Tajribada topilgan $\Delta H^0 = -12 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ni hisobga olib $T\Delta S^0 = \Delta H^0 + \Delta G^0 = -12 - (-54,69) = -66,69 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, undan $\Delta S^0 = -66,69 : 298 = -0,22 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -220 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ bo'ladi.

Entalsiya va entropiya faktorlari reaksiyaning chapdan o'ng tomonga borishini taqozo qiladi, chunki ΔG^0 ning ishorasi manfiydir. Bu yerda entropiya faktori reaksiyaning o'ng tomonga borishini ta'minlaydi. Demak, ushbu reaksiyada x y e l a t e f f y e k t i, asosan, e n t r o p i y a e f f y e k t i muhim ahamiyatga ega. Buning sababini quyidagicha izohlay olamiz. Bu reaksiyada nikel ionlari 6 ta ammiak molekulalari bilan qurshalgan edi. Unga etilendiamin qo'shilganda 6 ta ammiak molekulasini o'rnini 3 ta etilendiamin molekulasiga band qildi. Reaksiya natijasida erkin bo'lgan zarrachalar miqdori 3 molga ko'payadi. Demak, etilendiaminning qo'shilishi sistemadagi kombinatsiyalar sonini yoki «tartibsizlikni», ya'ni entropsiyani oshiradi. Shu sababli halqali koordinatsion birikmalar oddiy notsiklik birikmalarga qaraganda barqaror bo'ladi.

5. *I.I.Chernyayevning trans – ta'sir qoidasi.* 1926 yilda I.I.Chernyayev 2 valentli platinaning tekis kvadrat birikmalari izomerlarini tekshirish natijasida koordinatsion birikmalar kimyosi uchun juda muhim qoidani ta'rifladi.

Koordinatsion birikmalarda biror ligand bilan markaziy ion orasidagi bog'lanishning nisbiy mustahkamligi o'sha ligandga nisbatan trans – holatda turgan boshqa ligand tabiatiga bog'liq.

Markaziy atom bilan ligand orasidagi bog'ning kovalentlik tabiatini kuchaytiradigan ligand o'zining qarshisi (trans – holat) dagi ligand bilan bog'langan atom bog'ining ionli darajasini kuchaytiradi va uning boshqa ligandlarga almashinishini osonlashtiradi (faqat oktaedr va tekis kvadrat

geometriyali koordinatsion birikmalarda). Eritmalarda almashinish hodisasi yuz berishi uchun bog' tabiati ionli bo'lishi kerak. Masalan, NO_2 gruppasi Cl^- ga nisbatan kuchliroq *trans* – ta'sir ko'rsatish sababli Cl^- ning reaksiya faolligi ortadi.

Bunday jarayon tezligida *cis* – izomer juda sust boradi.

Koordinatsion birikmalarda bog'lanish xarakteri (kovalentlik yoki ionli darajasi) markaziy atom xossasiga ham bog'liq.

I.I.Chernyayev o'z tajribalarida turli ligandlarning Pt (II) ioni uchun *trans* – ta'sir qatorini tuzib chiqdi.

$\text{R}_2\text{S} > \text{NO}_2^-$, $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{OH}^- \dots \text{RNH}_2 > \text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$. Platina (IV) uchun esa bu qator birmuncha farq qiladi :

$\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^- > \text{en} > \text{NH}_3, \text{NO}_2$

Trans – ta'sir qonuniyati VIII guruh elementlaridan Pt_2 , Pt (IV), Ir (III), Rh (III), Co (III), Pd (II) lar uchun bajarilishi aniqlangan. Bu qonuniyat kimyoviy bog'lanishi kovalent xususiyatga ega bo'lgan koordinatsion birikmalarga xos ba'zi hodisalarni — Kurnakov, Peyrone, Iorgensen qoidalarini, Pt (II) va Pt (IV), Pd (II) birikmalarida qo'sh kristallanish natijalarini tushuntirishda yordam beradi. Bu qonuniyat asosida kompleks ionning ichki qobig'ida almashinish reaksiyasining yo'nalishini, izomerlarda ba'zilarining turg'unligini, izomerlarning bir – biridan ayrim xossalari elektr o'tkazuvchanlik, optik va kislota – asoslik xossalari bilan farq qilishini tushuntirish mumkin.

Bu qonuniyat asosida ba'zi aralash ligandli kompleks birikmalarning hosil bo'lmashini tushuntirish mumkin. Masalan, $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ ning eritmasiga tiomochevina qo'shilganda $\text{PtCl}_2(\text{Thio})_2$ birikma eritmada hosil bo'lishi noma'lum, uning sababi *cis* – holatda Thio molekulasini joylashgan modda hosil bo'lmaydi, Thio ning *trans* – ta'siri kuchli bo'lishi Cl^- ning markaziy atom bilan bog'lanishida ionli darajaning kuchayishiga va shu tufayli qo'zg'aluvchan bo'lishiga olib keladi. Bu qonuniyat tarkibi $[\text{PdCl}_3(\text{NO}_2)]^{2-}$ bo'lgan moddaning uchta xlor ionlaridan biri almashinish reaksiyasida qatnashganda faqat *trans* –

aktiv NO_2^- qarshisidagi Cl^- , tarkibi $[\text{PdCl}_3(\text{NH}_3)]^-$ bo'lgan molekulasida almashinish jarayoni (bir mol «kirib keluvchi» modda bilan bir mol kompleks ion qatnashganda) NH_3 ga nisbatan *trans* holatda joylashgan Cl^- ion qatnashishini oldindan aytishga imkon beradi.

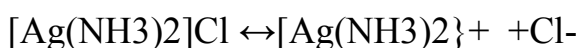
Molekulyar orbitallar nazariyasi [molekulyar orbitallar usuli — (MOU)].

Molekulyar orbitallar usuli metall ion bilan ligandlar orasida kovalent, ionli va boshqa tur bog'lanishlar hosil bo'lishini mantiqiy ravishda ko'rsatib beradi. Binobarin, molekulyar orbitallar nazariyasida har qanday zarracha to'liq kvant – mexanik sistema deb qaraladi.

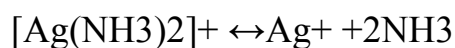
Molekulyar orbitallar nazariyasining bir necha variantlari mavjud. Bular ichida AOCHK (atom orbitallarining chiziqli kombinatsiyasi) nomli varianti ko'p tarqalgan hisoblanadi. Bu variantga muvofiq hosil bo'layotgan birikmaning molekulyar orbitallari dastlabki moddalardagi atom orbitallarning bir – biri bilan ma'lum tartibda o'zaro qo'shilish va ayrilish natijasida hosil bo'ladi. Molekulyar orbitallar usuli biror moddaning molekulyar tuzilishi sxemasini yaratishdan avval uning kristall tuzilishini rentgen nurlar yordamida aniqlab olish zarurligini taqozo qiladi va nazariya yaratishda bu ma'lumotlardan foydalanishni ko'zda tutadi.

Kompleks birikmalarning barqarorligi.*

Kompleks birikmalarning dissotsiylanishi ikki bosqichda boradi: 1) oddiy va kompleks ionga dissotsiylanishi; 2) kompleks ionning dissotsiylanishi; Dissotsiylanishning birinchi bosqichi kuchli elektrolit kabi boradi, kompleks ionning dissotsiylanishi esa kuchsiz elektrolit kabi boradi, masalan $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ning dissotsiylanishi quyidagicha ifodalanadi: I bosqich:



II- bosqich:



Kompleks ionning dissotsialanishi qaytar protses bo`lib, muvozanat qaror topganda kompleks ionning aktivligi bilan uning dissotsialanishidan hosil bo`lgan maxsulotning aktivligi o`rtasida ma`lum bir munosabat yuzagz keladi. Shu reaksiyaning muvozanat konstantasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$K[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = a[\text{Ag}^+]^1 a[\text{NH}_3]^2 / a[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$$

Agar $a=C$ bo`lsa

$$K_{\text{beqaror}} = K[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = [\text{Ag}^+]^1 [\text{NH}_3]^2 / [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \quad [*2]$$

Bu konstanta kompleks ionning dissotsialanish konstantasi yoki kompleksning beqarorlik konstantasi deyiladi. Bu konstanta qiymati qancha katta bo`lsa, kompleks shuncha kuchli dissotsialanib beqaror bo`ladi. Beqarorlik konstantasiga teskari qiymat kompleksning hosil bo`lish konstantasi yoki barqarorlik konstantasi deyiladi. Ular orasida quyidagi nisbat bor:

$$K_{\text{barqaror}} = 1/K_{\text{beqaror}} \quad [*3]$$

Masalalar yechish namunalari: [*4]

1. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ va $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ ning 0.01 M eritmalaridagi Ag^+ ionlarining konsentratsiyasini toping.

Yechish: Ag^+ ionining topilishi kerak bo`lgan konsentratsiyasini x bilan belgilab, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ kompleksining dissotsiatsiya tenglamasidan

$$[\text{NH}_3] = 2x \text{ va } [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = 0.01 - x = 0.01$$

Topiladi, uni quyidagicha yozish mumkin:

$$K_{\text{beqar}} = x \cdot (2x)^2 / 0.01 = 5.8 \cdot 10^{-8}$$

Bundan

$$X = [\text{Ag}^+] = 3 \text{ ildiz ostida } 5.8 \cdot 10^{-10} / 4 = 5.25 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion/l}$$

$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ kompleksi uchun ham hisoblash xuddi shu tartibda amalga oshiriladi:

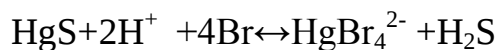
$$K_{\text{beqar}} = x \cdot (2x)^2 / 0.01 = 1.4 \cdot 10^{-20}$$

$$X = [\text{Ag}^+] = 3 \text{ ildiz ostida } 1.4 \cdot 10^{-22} / 4 = 3.3 \cdot 10^{-8} \text{ g-ion/l}$$

Ya'ni kompleks tuzlarning bir xil molyar konsentratsiyasi eritmalari kompleksning beqarorlik konstantasi qancha katta bo'lsa, shuncha katta konsentratsiyali oddiy mos ionlarni o'zida tutadi.

2. Har birining konsentratsiyasi 1M dan iborat HgS va HBr dan iborat aralashmaning eruvchanligini hisoblang.

Yechish: eritma ning reaksiya tenglamasidan kelib chiqqan xolda



K

$$1-2x \quad 1-4x \quad x \quad x$$

Bundan muvozanat konsentratsiyasini topamiz:

$$K = \frac{[\text{HgBr}_4^{2-}][\text{H}_2\text{S}]}{[\text{HgS}][\text{H}^+]^2[\text{Br}^-]^4} = \frac{1.6 \cdot 10^{-52} \cdot 1 \cdot 10^{21}}{1.3 \cdot 10^{-26}} = 1.23 \cdot 10^{-11}$$

Muvozanat konsentratsiyalarini qo'yib, muvozanat konstantalarini aniqlaymiz:

$$K = \frac{x^2}{(1-2x)^2(1-4x)^4} = 1.23 \cdot 10^{-11}$$

K sezilarli darajada oz bo'lib, bu $1-2x=1$ va $1-4x=1$ g-ion/l bundan $x^2=1.23 \cdot 10^{-11}$ va $x=3.21 \cdot 10^{-6}$ g-ion/l kelib chiqadi.*

3. Alyuminiy ioni Al^{3+} ning radiusi 0,057 nm, fluor ioni F^- ning radiusi 0,313 nm. Alyuminiy ionning koordinatsion sonini toping. [**7]

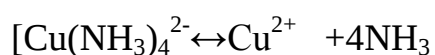
Yechish. $R_m : R_l = 0,57 : 0,13 = 0,43$. Demak, Al^{3+} ning bu birikmadagi koordinatsion soni 6 ga teng.**

4. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ning 0.1 M eritmasidagi Cu^{2+} va NH_3 ionlari konsentratsiyalarini hisoblang. ($K[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}] = 4.6 \cdot 10^{-14}$)

Yechish: Kompleks tuz va kompleks ionning dissotsiatsion tenglamalari:



$$0.1 \quad 0.1 \quad 0.1$$



$$0.1-x \quad x \quad 4x$$

$$K[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = [\text{Cu}^{2+}] * [\text{NH}_3]_4 / [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = x(4x)^4 = 4.6 * 10^{-14}$$

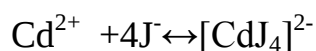
Kompleks ionning kuchsiz elektrolitligini hisobga olgan holda, 0.1-x taxminan 0.1 ga teng deb olinsa:

$$256 * x^5 / 0.1 = 4.6 * 10^{-14}; 256x^5 = 4.6 * 10^{-15}; x = 4.5 * 10^{-4}$$

$$\text{Demak, } [\text{Cu}^{2+}] = 4.5 * 10^{-4} \text{ g-ion/l; } [\text{NH}_3] = 4 * 4.5 * 10^{-4} = 1.8 * 10^{-3}$$

5. 1 litr eritmada 0.1 m $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ va 2 M KJ bor. Eritmadagi Cd^{2+} ioni konsentratsiyasini hisoblang.

Yechish: Mavjud sharoitda Cd^{2+} ioni $[\text{CdJ}_4]^{2-}$ kompleks ionga bog'langan. Bu kompleksning xosil bo'lish muvozanati quyidagicha:



Barqarorlik konstantasi esa

$$K[\text{CdJ}_4]_2 = [\text{CdJ}_4]^{2-} / [\text{Cd}^{2+}][\text{J}^-]^4 = 1.26 * 10^{-6}$$

Ligand miqdori ortiqcha bo'lib, barqarorlik konstantasining qiymati katta bo'lsa

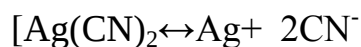
$$[\text{CdJ}_4]^{2-} = C\text{Cd}^{2+} = 0.1 \text{ g-ion/l; } [\text{J}^-] = C\text{KJ} - 4C\text{Cd}^{2+} = 2 - 4 * 0.1 \text{ g-ion/l}$$

Cd konsentratsiyasi quyidagicha hisoblanadi:

$$[\text{Cd}^{2+}] = C\text{Cd}^{2+} / K[\text{CdJ}_4]^{2-} * (C\text{J}^- - 4C\text{Cd}^{2+})^4 = 0.1 / 1.26 * 10^{-6} * (1.6)^4 = 1.21 * 10^{-8} \text{ g-ion/l;}$$

6.0.1 M kumush sianid eritmasi vodorod sulfide bilan to'yintirilganda Ag_2S cho'kmaga tushadimi? ($K[\text{Ag}(\text{CN})_2] = 1 * 10^{-21}$ va $E\text{KAg}_2\text{S} = 2 * 10^{-49}$)

Yechish: 0.1 M kumush sianid eritmasida Ag^+ ioni konsentratsiyasi:



$$0.1 - x \quad \quad x \quad \quad 2x$$

$$K[\text{Ag}(\text{CN})_2] = [\text{Ag}^+] * [\text{CN}^-]^2 / [\text{Ag}(\text{CN})_2] = x(2x)^2 / 0.1 - x = 1 * 10^{-21}$$

0.1-x=0.1 ga teng deb olinsa :

$$4x^3 = 1 * 10^{-22}; x^3 = 25 * 10^{-24}; x = 2.9 * 10^{-3} \text{ g-ion/l}$$

Sulfid va kumush ionlari konsentratsiyalari ko'paytmasi qiymatini shu eritmaning

$E\text{KAg}_2\text{S}$ qiymati bilan solishtirilsa:

$$E\text{KAg}_2\text{S} = [\text{Ag}^+]^2 * [\text{S}^{2-}] = 2 * 10^{-49}$$

H₂S ning to'yingan eritmasidagi sulfid ionining konsentratsiyasi $1.2 \cdot 10^{-15}$ g-ion/l ga teng. Shuning uchun

$$[\text{AgS}^+][\text{S}^{2-}] = (2.9 \cdot 10^{-8})^2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} = 1.01 \cdot 10^{-30}$$

Olingan ionlar konsentratsiyalari ko'paytmasi EK Ag₂S dan katta bo'lganligi tufayli ($1.01 \cdot 10^{-30} \geq 2.0 \cdot 10^{-49}$) Ag₂S cho'kmaga tushadi.*

MASALALARDAN NAMUNALAR[*3,4]

1. Qaysi eritmada Cd ning konsentratsiyasi ko'proq? 0.1 M Cd(NH₂)₄Cl₂ yoki 0.1 M K₂Cd(CN)₄

2. 0.1 mol/l AgNO₃ va 1 mol/l NH₃ dan iborat aralashmada Ag miqdori ko'pmi yoki 1 mol/l AgNO₃ va 2 mol/l KCN dan iborat aralashmadami?

3. Tarkibida 0.1 g-ion/l Ag[NH₂]⁺ va 0.5 mol/l NH₃ dan iborat eritmadagi kompleks hosil qiluvchining konsentratsiyasini hisoblang.

4. Tarkibida 0.01 mol/l Hg(NO₃)₂ va 0.08 mol/l KI dan iborat eritmadagi Hg⁺ ning konsentratsiyasini hisoblang.

5. 1 l eritma tarkibida 0.1 mol CuS va 2.04 mol NH₃ bo'lsa, ozod Cu⁺ ionlarini hisoblang, (agar Cu(NH₂)₄²⁺ kompleks ionlari hosil bo'ladi deb hisoblansa)

6. 0.05 mol/l Hg(NO₃) va 0.4 mol/l NaCl dan iborat eritmadagi Hg⁺ ionlari konsentratsiyasini hisoblang.

7. 0.6 K₂Cu(CN)₂ ga sianid ionlari kiritildi, bunda oxirgi konsentratsiya 0.005 g-ion/l bo'ldi, eritmadagi Cu⁺ ning konsentratsiyasini hisoblang.

8. 25.96 g/l CoCl₂ dan iborat eritmaga teng hajmda 2.8 mol/l konsentratsiyali NH₃ qo'shildi, agar eritmada Co(NH₃)₄²⁺ kompleks ionlari hosil bo'lsa, ozod Co²⁺ ionlarini hisoblang.

9. 10 ml suvdagi 0.3684 g K₄Fe(CN)₆ eritildi, eritmadagi Fe²⁺ ionlari konsentratsiyasini hisoblang.

10. 5.315 mg AgCl tortmani 1ml 6 m li amiak bilan ishlov berilganda , cho`kma to`liq erib ketdi. Ag^+ , NH_3 va $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ionlarani muvozanat konsentratsiyasini hisoblang.

11. Agar eritmada $\text{Ag}[\text{NH}_3]_4^+$ kompleks ioni hosil bo`lsa,  $\text{Ag}^+$  ionlarini 10-5 g-ion/l gacha kamaytirish uchun 0.5 m  $\text{AgNO}_3$  ga qancha mol  $\text{NH}_3$  qo`shish kerak ?

12. Hg^{2+} konsentratsiyasini 10-11 g-ion/l gacha kamaytirish uchun 1l $5 \cdot 10^{-3}$ m $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ga qancha mol NH_4SCN dan qo`shish kerak?

13. Tarkibida 0.1 M $\text{K}_2[\text{HgJ}_4]$ va 0.2 M $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ bo`lgan eritmaga  $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$  ning 0.5 M eritmasidan qo`shilganda PbJ_2 cho`kmaga tushadimi?

14. Tarkibida 0.1 g-ion/l CdCl_4^{2-} va 0.6 mol NaCl dan iborat 5 litr eritmaga qancha gramm qattiq xoldagi KJ qo`shsak CdCl_4^{2-} va CdJ_4^{2-} ionlar 99.9 foizga aylantirish mumkin?

15. 0.1 g AgBr 100 ml 1M li NH_3 da eriydimi?

16. 0.05 g AgJ 200 ml 1 M li NH_3 da eriydimi?

17. 0.1 g Ag_2CrO_4 ni eritish uchun necha ml NH_3 kerak?

18. 1l 1M NH_3 dagi $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ni eruvchanligini hisoblang, agar eritmada faqat $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ kompleks ionlari hosil bo`ladi deb hisoblansa.

19. 0.1 n 10 ml mis sulfat eritmasiga 5 ml amiak qo`shildi. Natijada mis tuzi eritmada to`liq kompleksga aylandi. Shu eritmadan vodorod sulfid gazi o`tkazilsa qanday xodisa sodir bo`ladi?

20. 2 ml KCN da 18.8 mg AgBr eritilganda, $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ kompleks ioni hosil bo`lgan. Eritmadagi kompleks hosil qilmagan KCN konsentratsiyasini aniqlang.

Kompleks birikmalardan test savollari.**

1. $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$ kompleksini birinchimarta qaysi olim sintez qilgan?

A. Tasser.

B. Y.N.Kukushkin.

S. A.Verner.

D. Arbuzov.

ANSWER: A

2. $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$ kompleksi qachon sintez qilingan?

A. 1798 yil.

B. 1898 yil.

S. 1698 yil.

D. 1998 yil.

ANSWER: A

3. Monodentat ligandlar deb qanday ligandlarga aytiladi?

A. Bittadan.

B. Ikkitadan.

S. Uchtadan.

D. To'rttadan o'rin olgan ligandlarga.

ANSWER: A

4. Ikki o'rin oladigan ligandlar qanday ligandlar deyiladi?

A. Monodentat.

B. Bidentat.

S. tridentat.

D. tetradentat.

ANSWER: B

5. Dietilentriamin necha dentatli ligend hisoblanadi?

A. 1.

B. 2.

S. 3.

D. 4.

ANSWER: C

6. Etilendiamin necha dentatli ligand?

A. 1.

B. 2.

S. 3.

D. 4.

ANSWER: B

7. To'rt dentatli ligand qaysi?

A. Etilindiamin.

B. Ammiak.

S. Triaminotrietilamin.

D. Atsedoligenlar.

ANSWER: C

8. Etilindiamin tetraatsetat kislota necha dentatli ligand hisoblanadi?

A. 1.

B. 2.

S. 3.

D. 6.

ANSWER: D

9. Markaziy monning musbat zaryadi ligandlarni manfiy zaryadlari yig'indisidan ortiq bo'lsa bunday kompleks qanday nomlanadi?

A. anionli.

B. kationli.

S. neytral.

D. ko'p yadroli kompleks.

ANSWER: B

10. Markaziy ionning zaryadi ligandlarning manfiy zaryadlari yig'indisidan kichik bo'lsa, bunday kompleks qanday nomlanadi?

A. kationli.

B. anionli.

S. ko'p yadroli.

D. neytral.

ANSWER: B

11. Markaziy monning zaryadi bilan ligandlar zaryadlarini yig'indisi orasidagi ayirma nolga teng bo'lsa, qanday kompleks deyiladi?

- A. kationli.
- B. neytral.
- S. anionli.
- D. ichki sferali.

ANSWER: B

12. Fotosintezni amalga oshiradigan modda- xlorofill

- A. kobaltni.
- B. misni.
- S. kadmiyni.
- D. magniyni koordinatsion birikmasidir.

ANSWER: D

13. Qon gamoglobini

- A.. kadmiyni.
- B. misni.
- S. ruxni.
- D. temirni koordinatsion birikmasidir.

ANSWER: D

14. Koordinatsion birikma hosil qilish uchun qanday reaksiyalardan foydalaniladi?

- A. Birikish.
- B. almashinish.
- S. oksidlanish-qaytarilish.
- D. hammasi to'g'ri.

ANSWER: D

15. Qaysi cho'ktiruvchi ta'sirida misni ammiakli kompleksini kristall holda ajratib olish mumkin?

A. etil spirti.

B. atseton.

S. benzol.

D. suv.

ANSWER: A

16. Akvo komplekslar deb qanday komplekslarga aytiladi?

A. ligand suv bo'lsa.

B. ligand spirt bo'lsa.

S. ligand ammiak bo'lsa.

D. ligand etilendiamin.

ANSWER: A

17. Ligand suv bo'lsa, qanday kompleks hosil bo'ladi?

A. Ammiakli.

B. akvo kompleks.

S. gidrokso komplekslar.

D. atsedo komplekslar.

ANSWER: B

18. A.Verner tomonidan koordinatsion nazariya qachon yaratilgan?

A. 1993 yil.

B. 1693 yil.

S. 1793 yil.

D. 1893 yil.

ANSWER: D

19. Koordinatsion nazariya qaysi olim tomonidan qachon yaratilgan?

A. 1893 yil A.Verner.

B. 1793 yil Tasser.

S. 1993 yil Qukushkin.

D. 1693 yil Arbuzov.

ANSWER: A

20. Metall radiusini ligand radiusiga nisbatiga qarab, metallni koordinatsion sonini aniqlashni qaysi olim taklif qilgan?

A. Kukushkin.

B. A.Verner.

S. Tasser.

D. Magnus.

ANSWER: D

21. Agar koordinatsion birikma eritmada ikkita ionga dissotsilansa, elektr o'tkazuvchanlik nechaga teng bo'ladi?

A. 200.

B. 300.

S. 80.

D. 100.

ANSWER: D

22. Agar koordinatsion birikma uchta ionga dissotsilansa elektr o'tkazuvchanlik nechaga teng bo'ladi?

A. 100.

B. 120.

S. 240.

D. 320.

ANSWER: C

23. Koordinatsion birikma to'rtta ionga dissotsilansa, elektr o'tkazuvchanlik nechaga teng bo'ladi?

A. 240.

B. 320.

S. 100.

D. 430.

ANSWER: D

24. Kompleks birikma 5 ta ionga dissotsilansa, elektr o'tkazuvchanlik nechaga teng bo'ladi?

- A. 550.
- B. 430.
- S. 340.
- D. 240.

ANSWER: A

25. Qaysi komplekslarda elektr o'tkazuvchanlik nolga yaqin bo'ladi?

- A. kationli.
- B. anionlar.
- S. tashqi sferali.
- D. neytral komplekslarda.

ANSWER: D

26. Ligand deb nimaga aytiladi?

- A. anionlar.
- B. neytral molekulalar.
- S. donor gruppaga tutgan birikmalar.
- D. Hamma javob to'g'ri

ANSWER: D

27. Qanday komplekslarga ammiaklar deyiladi?

- A. Ammiak tutgan.
- B. suv tutgan.
- S. atsedoligand tutgan.
- D. spirt tutgan.

ANSWER: A

28. Qanday komplekslar akvokomplekslar deyiladi?

- A. ligand vazifasini suv.
- B. ammiak.
- S. spirt.

D. benzol.

ANSWER: A

29. Ligandlari kislota qoldiqlaridan iborat koordinatsion birikma.

A. akvo.

B. gidro.

S. amino.

D. atsido komplekslar.

ANSWER: D

30. Markaziy ioni va ligandlari galogenlardan iborat koordinatsion birikmalar.

A. poligalogenidlar.

B. akvo komplekslar.

S. ammiakatlar.

D. gidrokso komplekslar.

ANSWER: A

31. Misni glitsin bilan zangori rangli kompleksini qaysi olim qachon sintez qilgan?

A. 1904 yil Ley.

B. 1806 yil Tasser.

S. 1886 yil Kukushkin.

D. 1900 yil Arrenius.

ANSWER: A

32. Metallarni uglerod (II)- oksidi bilan hosil qilingan birikmalari.

A. karbonillar.

B. gidrokso.

S. akvo.

D. atsedo komplekslar.

ANSWER: A

33. Ko'p o'zakli koordinatsion birikmalar deb nimaga aytiladi?

- A. bitta metall.
- B. ikkita metall.
- S. uchta metall.
- D. bir necha metall atomi markaziy ion vazifasini ko'rsating.

ANSWER: D

34. Bir necha metall atomi markaziy ion vazifasini bajarsa qanday birikma deyiladi?

- A. karbonillar.
- B. metall organik birikmalar.
- S. xelatlar.
- D. ko'p o'zakli koordinatsion birikmalar.

ANSWER: D

35. Siklik koordinatsion birikmalar tarkibida qanday ligandlar bo'lishi mumkin?

- A. ammiak.
- B. suv.
- S. atsedoligand.
- D. polident ligandlar.

ANSWER: D

36. Kobaltni kompleks birikmalarga qaysi fazoviy tuzilishlarga xos?

- A. oktaedr.
- B. kvadratli peramida.
- S. triogenalli piramida.
- D. trigonalni bipiramida.

ANSWER: A

37. Komplekslarni nomlashda ligand ammiak bo'lsa, qanday nomlanadi?

- A. akvo.
- B. amin.
- S. tio.

D. gidrokso.

ANSWER: B

38. Komplekslarni nomlashda ligand oltingugurt bo'lsa, qanday qo'shimcha qo'shish bilan nomlanadi?

A. akvo.

B. amin.

S. gidrookso.

D. tio.

ANSWER: A

39. Komplekslarni nomlashda ligand oltingugurt bo'lsa, qanay qo'shimcha qo'shish bilan nomlanadi?

A. perekso.

B. xloro.

S. tio.

D. amino.

ANSWER: A

40. Ligand vazifasini xlor bajarsa, qanday nomlanadi?

A. pereko.

B. amino.

S. tio.

D. xloro.

ANSWER: D

41. Kompleks tarkibidagi ionlarni nomlashda qaysi ion birinchi aytiladi?

A. anion.

B. kation.

S. hammai bir vaqtda.

D. hamma javob to'g'ri.

ANSWER: B

42. Ligandlar sonini ifodalovchi qo'shimchalar?

- A. di-, tri-,
- B. tetra-, penta-,
- S. geksa-, gepta-,
- D. Hammma javob to'g'ri.

ANSWER: D

44. Kompleks birikmalar qayerlarda ishlatiladi?

- A. analitik kimyoda.
- B. glvatik qoplamalar hosil qilishda.
- S. metallarni korroziyadan saqlashda.
- D. Hamma javob to'g'ri.

ANSWER: D

45. Kompleks birikmalarni ahamiyati.

- A. metallarni korroziyadan saralashda.
- B. o'simlik va tirik mavjudotlar hayotida.
- S. metall-ferment speratida.
- D. hamma javob to'g'ri.

ANSWER: D

46. Kompleks birikmalar qanday turlarga bo'linadi?

- A. kationli.
- B. anionli.
- S. neytral.
- D. hamma javob to'g'ri.

ANSWER: D

47. Komplekslarni tuzilishi hozirgi kunda qaysi nazariyalari asosida talqin qilinadi?

- A. valent bog'lanishlar.
- B. kristall maydon.
- S. molekulyar orbitallar nazariyasi.
- D. Hamma javob to'g'ri.

ANSWER: D

48. Kompleks qaysi agregat holatida foto kolometrik usulda o'rganiladi?

- A. qattiq.
- B. kristall.
- S. eritmada.
- D. muzlatilgan holda.

ANSWER: C

49. Kislota qoldiqlari ligand bo'lsa, qanday nomlanadi?.

- A. atsedoligandlar.
- B. ligandlar.
- S. akvo.
- D. gidrookso.

ANSWER: A

50. Kompleks birikmalarni koordinatsion soni nechagacha bo'lishi mumkin?

- A. 2 va 4.
- B. 4 va 6.
- S. 6 va 8.
- D. 12 gacha.

ANSWER: D

Men bu kurs ishini bajarish davomida avvalo kompleks birikmalarning xalq xo'jaligidagi ahamiyatini o'rgandim. Kompleks birikmalar analizni

osonlashtirishda ham muhim ahamiyatga ega, masalan eritmada Fe^{3+} ionlarining bo'lishi, ko'pincha boshqa bir qancha ionlarni topishga xalaqit beradi. Bunday xollarda Fe^{3+} ionlarini eritmadan biror qiyin eruvchan birikma masalan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ holida chiqarib taslashdan ko'ra tegishli ionni topish vaqtida eritmaga vino kislota yoki limon kislota qo'shib Fe^{3+} ionlarini barqaror kompleks tarzida bog'lash qulayroq, bu usulda Fe^{3+} ionlarining eritmadagi konsentratsiyasini boshqa ionlarni topishga xalal bermaydigan darajada kmaytirib yuborishi mumkin bo'ladi. Vinokislota yoki limon kislota o'rniga fosfat kislota yoki ammoniy ftorid qo'shish mumkin. Bular bilan Fe^{3+} ionni $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$ va $[\text{FeF}_6]^{3-}$ komplekslarni hosil qiladi.

Men bu mavzuni o'rganishda avval bor manbalardan kompleks birikmalarga oid tushunchalar bilan yaqindan tanishdim, internet ma'lumotlaridan foydalandim. Meni o'z oldimga qo'ygan maqsadim esa bu nazariy bilimlarni o'rganib, qanchalik darajada o'rganganimni masalalar yechish orqali mustaxkamlash edi. Kompleks birikmalar eritmalaridagi muvozanatga oid masalalarni o'rganish davomida shuni bildimki nazariy bilimlarni to'liq yetarli darajada o'rganmagan ekanman va masalalarni yechish orqali nazariy bilimlarni mustaxkamlab, masalalar yechdim.

QILINADIGAN ADABIYOTLAR RO'YATI

***Asosiy adabiyotlar:**

- 1.M.T.G'ulomova,SH.Q.Norov,N.T.Turobov "Analitik kimyo".Voris nashriyoti.Toshkent 2009-y,57-63 sahifalar;
- 2.V.N.Alekseev." Yarim mikrometod bilan qilinadigan ximiyaviy sifat analizi kursi ".O`qituvchi nash-ti, Toshkent 1976-y,292-312 sahifalar;
- 3.SH.T.Tolipov,X.SH.Xusainov."Analitik ximiyadan masalalar to`plami". O`qituvchi nash-ti,Toshkent 1984-y,72-77 sahifalar;
- 4..A.Vasilyev "Sbornik zadach po analiticheskiy ximii",Moskva,Visshaya shhkola,1976-g,32-41 st;
- 5.62.209.142/238./litsey/library/ X.P.To`xtayev,Toshkent,2006-y
6. G.SHoisyeva,O.G`oipova,E.Seitova "Kimyo fanidan majburiy standart nazorat ishlarini o`tkazish yuzasidan tavsiyalar"A.Navoiy nash-ti,Toshkent 20006-y,5-7 sahifalar;

****Qo`shimcha adabiyotlar:**

- 1.N. Jelikovska Y., I.I.Chernyayev. "Ximiya kompleksnix soyedineniy". M. Izd – vo. "Visshaya shkola". 1966 g.
- 2.A.Golovn Y., I.A.Fedorov. "Osnovniye ponyatiya ximii kompleksnix soyedineniy". M. 1967 g.
- 3.A.Parpiyev, X.R.Raximov, A.G.Muftaxov. "Anorganik kimyo nazariy asoslari". Toshkent. "O`zbekiston". 2000 y.

4.kushkin Y.N. “Ximiya koordinatsionnix soyedineniy”. M. “Visshaya shkola”. 1985 g.

5.ikina F.B i Klyuchnikov N.G. “Ximiya kompleksnix soyedineniy”. M. “Prosvesheniye”. 1982 g.

6..A. Grenberg. “Vvedeniye v ximiyu kompleksnix soyedineniy”. M. – L. , Izd – vo. “ximiya”, 1966 g.

7.B. Glikina., N.G.Klyuchnikov. “Ximiya kompleksnix soyedineniy”. Izd – vo. “Prosveshiniye”. M. 1972 g.