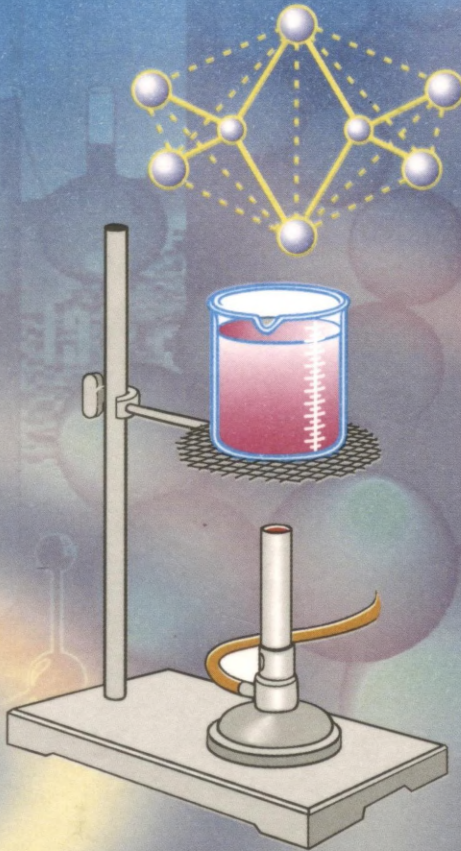


31775  
391

# UMUMIY KIMYO

# 11



A. G. MUFTAHOV

# UMUMIY KIMYO

*O'zbekiston Respublikasi Xalq ta'limi vazirligi  
umumiy o'rta ta'lim maktablarining  
11- sinfi uchun darslik sifatida  
tasdiqlagan*

*2-nashri*



«O'QITUVCHI» NASHRIYOT-MATBAA IJODIY UYI  
TOSHKENT – 2005

Taqrizchilar: ToshDAU kimyo va biokimyo kafedrası mudiri, k. f. d., professor **R. Ziyayev**,  
Y.Oxunboboyev nomidagi respublika tibbiyot kolleji I toifali kimyo o'qituvchisi **A. Jalilov**,  
Toshkent shahar 102-maktab kimyo fani oliy toifali o'qituvchisi **F.Tojiyeva**.  
Toshkent shahar, Shayhontoxur tuman xalq ta'limi bo'limi o'quv-tarbiyaviy ishlarini tashkil etish bo'yicha bosh mutaxassis **H. Rahimova**.

HO 31775  
393

**Ushbu nashrga doir barcha huquqlar himoya qilinadi va nashriyotga tegishlidir. Undagi matn va rasmlarni nashriyot roziligisiz to'liq yoki qisman ko'chirib bosish taqiqlanadi.**

20 02 459	Alisher Navoiy nomidagi O'zbekiston MK
--------------	--

M 4306021500 - 215 buyurtma var. 2005.  
353(04) - 2005

ISBN 5—645—04399—5

© «O'qituvchi» NMIU, 2005.

---

---

## KIRISH

Mazkur darslikda Siz 7–10-sinflarda o'rgangan kimyo kursining uzviy davomi bayon etilgan. Darslik 12 bobdan iborat bo'lib, unda bayon etilgan ayrim ma'lumotlar shu vaqtgacha foydalanib kelingan maktab darsliklarida va o'quv qo'llanmalarda o'z aksini topmagan edi. Bu ma'lumotlar kimyo fanining hozirgi zamon rivojlanish mahsuloti hisoblanadi. U ta'lim dasturiga to'liq mos keladi hamda o'quvchilarning oldingi sinflarda kimyoviy tushuncha va qonunlar haqida olgan bilimlarini kengaytirib sistemalashtirishga, umumlashtirishga va chuqurlashtirishga imkon beradi.

O'rta maktabning boshlang'ich kimyo kurslarida o'qitiladigan qonuniyatlarning ko'pchiligi o'quvchilarga bu qonuniyatlarning kelib chiqish sabablarini tushuntirmasdan o'zlashtirishlari majburiyat sifatida yuklatilganligi o'qituvchilarga ma'lum. Shu sababli o'quvchilarga kimyoning asosiy qonunlari deb atalgan moddalar massasining saqlanish va ular tarkibining doimiylik qonunlarini o'rgatishda bu qonunlar mutlaq xususiyatga ega bo'lmasligini umumiy kimyo kursida tushuntirish zarur.

Darslikning deyarli barcha boblarida keltirilgan ma'lumotlar „sabab → oqibat“ sxemasiga bo'ysunadi. Bunday bog'lanishning asosini atom tuzilishi, u bilan chambarchas bog'langan Davriy qonun va Davriy sistemaga asoslangan ko'p miqdordagi qonuniyatlar tashkil qiladi.

Darslikning oxirgi boblarida kimyoning element-moddalar – birikmalar sxemasida o'quvchilarga ma'lum bo'lgan qonuniyatlarga asoslangan xususiyatlarni asoslaydigan, umumlashtiradigan holatlar bilan bog'langan yangi ma'lumotlar keltirilgan. Shu sababli kimyoning boshlang'ich kurslarida ma'lum bo'lgan holatlar qaytarilmasdan, ularda o'z aksini topmagan ma'lumotlar keltirildi. Bundan tashqari, har bir bob oxirida o'tilgan mavzuni mustahkamlash maqsadida savol va topshiriqlar hamda test savollari berildi. O'zbek kimyogarlari va ularning O'zbekistonda kimyo fanini rivojlantirishga qo'shgan hissalarini tegishli o'rinlarda bayon etildi. Bu kimyoni chuqurroq o'zlashtirishga intilgan o'quvchilar uchun yordam beradi.

Muallif o'qituvchi va o'quvchilarning ushbu darslikni yanada yaxshilash haqidagi fikr va mulohazalarini samimiyat bilan qabul qiladi.

*Bizning manzil: Toshkent, 700129, Navoiy ko'chasi, 30. „O'qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi.*

O'quvchilarning 7–10-sinflarda ba'zi kimyoviy qonunlar haqida olgan tushunchalari bilan organik kimyo fanini o'rganishda egallagan bilimlarini umumlashtirish, chuqurlashtirish va takomillashtirish umumiy kimyo kursining asosiy vazifasidir.

Kimyoning boshlang'ich qismlarida o'quvchilarda shakllantirilgan bilimlarning ba'zilarini hozirgi zamon tushunchalari asosida talqin etish shu bobning mazmunini tashkil etadi.

### **I 1. Modda massasining saqlanish qonuni**

Bu qonun haqidagi ma'lumot sizga 7-sinfda bayon etilgan edi. Uning ta'rifi faqat kimyoviy jarayonlar uchungina o'z kuchini saqlab qoladi, lekin boshqa jarayonlarda u o'z kuchini yo'qotadi va mutlaq xususiyatga ega emas.

O'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday o'zgarishlar natijasida sistema-niing energiya zaxirasi o'zgaradi. Natijada tabiatning umumiy qonuni asosida istalgan harakat (kimyoviy reaksiyalar ham harakat turlaridan biridir) davomida reaksiyada qatnashuvchi moddalar massasi o'zgaradi.

Kimyoviy jarayonlarda ajralib chiqadigan energiyaning qiymati massa-niing taxminan 10<sup>-7</sup>% ga proporsional bo'ladi.

Har qanday atomning ayrim nuklonlar va elektronlardan hosil bo'li-shida massaning o'zgarishini quyidagicha hisoblash mumkin: uglerod atomining hosil bo'lishida 6 ta proton ( $6 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27}$  kg), 6 ta neytron ( $6 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27}$  kg) va 6 ta elektron ( $6 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31}$  kg) qatnashganda massalar yig'indisi  $2,0093 \cdot 10^{-26}$  kg ga teng bo'ladi. Tabiiy uglerod atomining massasi esa  $1,9927 \cdot 10^{-26}$  kg ga teng. Olingan raqamlar farqi  $2,0093 \cdot 10^{-26} - 1,9927 \cdot 10^{-26} = 0,166 \cdot 10^{-26}$  kg ga teng bo'ladi (massa defekti). Bu massa (0,0990 m.a.b. ga teng) yadrodagi nuklonlar orasidagi bog'lanishga sarf bo'ladi.

A.Eynshteynning massa va energiyani bog'lovchi tenglamasi  $E=mc^2$  bo'yicha bu energiya  $8,9 \cdot 10^{11}$  kJ/molni tashkil etadi.

Formuladagi  $E$  — moddaning tinch holatdagi energiyasi,  $m$  — modda massasi,  $c$  — vakuumda yorug'lik tezligi, u  $3 \cdot 10^8$  m/s ga teng.

Ajralib chiqqan energiyaning miqdori katta bo'lsa ham massa juda kichik kattalikka o'zgaradi. Shu sababli kimyoviy jarayonlarda massaning saqlanish qonuni o'z kuchini saqlab qoladi, deb qabul qilamiz. Bu qonun kimyoning asosiy qonunlaridan biri. Uning asosida kimyoviy reaksiyalar tenglamalari, turli kimyoviy hisoblashlar amalga oshiriladi

Energiyaning saqlanish qonuni asosida kimyoviy jarayonlarda energiyaning ajralishi yoki yutilishigina emas, balki reaksiyalarning tenglamalari ham tuziladi.

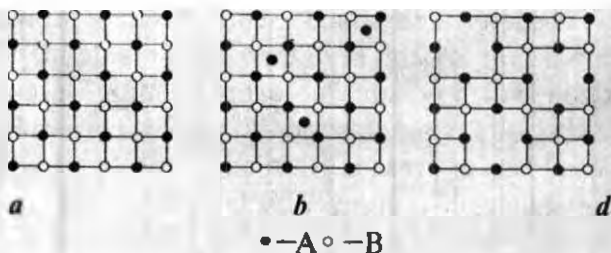
## **1 2. Moddalar tarkibining doimiylik qonuni**

Bu qonun haqida kimyo fani bilan tanishganda o'quvchilarga boshlang'ich ma'lumotlar berilgan. Ilmiy izlanishlarda kimyoviy moddalar ularning tuzilishiga ko'ra, molekular va nomolekular turlarga bo'lingan. Anorganik tabiatga ega bo'lgan moddalarning taxminan 5% igina molekular tuzilishga ega. Ular qatoriga oddiy gazlar (nodir gazlar,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , galogenlar), oddiy sharoitda gaz holdagi yoki qaynash temperaturasi unchalik yuqori bo'lmagan molekular tuzilishga ega moddalar (suv, ammiak, uglerod(II) va uglerod(IV) oksidlar) va boshqalarni kiritish mumkin. Bunday moddalar molekulari tarkibidagi atomlar soni ko'p bo'lmaydi, ular molekulari orasidagi bog'lanish juda zaif; boshqacha aytganda, molekular orasidagi bog' atomlar orasidagi kovalent bog' energiyasidan 10 martalar zaif bo'ladi. Bunday turkumdagi moddalarning tarkibi ularning olinish usuliga bog'liq emas, ularning tarkibi doimiydir.

Anorganik moddalarning deyarli 95% miqdori nomolekular turga taalluqli. Ko'pincha kristall holatdagi anorganik moddalar atom yoki ionlardan tuzilgan bo'lib, ularning tarkibi doimiy bo'lmaydigan holatlar ko'p uchraydi. Bunga kristall tuzilishning defekti (kamchiligi) sabab bo'ladi.

Ko'pincha defekt ikki xil bo'ladi. Misol tariqasida tarkibida ikki xil atom (yoki ion) bo'lgan AB moddani olaylik. Struktura elementlari kristall hosil qilishda uch xil holatda bo'lishi mumkin (I.1-rasm).

Ideal holatdagi kristall panjara tugunlarida atom (yoki ion)lar muntazam tartibda joylashadi (*a*-holat). Real kristallarda esa ular tugundagi zarrachalardan tashqari tugunlar oralig'ida qo'shimcha atomlar (ularning xili ahamiyatga ega emas) joylashgan (*b*-holat) yoki tugunlar atom yoki ionlar bilan ishg'ol etilmay qolgan holat (*d*-holat) yuzaga kelishi mumkin.



I. 1-rasm. Tarkibi AB bo'lgan moddani kristall panjara tuzilishida buzilish turlari:

*a*—ideal tuzilishga ega bo'lgan modda panjarasi; *b*—stexiometriyaga nisbatan A zarrachani ko'proq tutgan modda panjarasi; *d*—stexiometriyaga nisbatan B zarrachani ko'proq tutgan modda panjarasi.

Stexiometrik qonuniyatdan chetlashishdagi miqdoriy farqlar katta bo'lmisligi sababli, kimyoviy tahlil natijalarini aniqlashda yo'l qo'yiladigan amaliy xatolar tufayli, uzoq vaqtlar davomida bunday birikmalar mavjud ekanligini aniqlashning iloji bo'lmagan.

Zamonaviy tekshirishlar asosida titan(II) oksidning tarkibi  $\text{TiO}_{0,8}$  dan  $\text{TiO}_{1,2}$  gacha, mis(I) oksidning tarkibi  $\text{Cu}_1,8\text{O}$  dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  gacha, titan(IV) oksidniki esa  $\text{TiO}_{1,46}$  dan  $\text{TiO}_{1,56}$  gacha, temir(II) oksidniki —  $\text{Fe}_{0,89}\text{O}$  dan  $\text{Fe}_{0,95}\text{O}$  gacha, uning sulfidini —  $\text{Fe}_{1,1}\text{S}$  dan  $\text{FeS}_{1,1}$  gacha bo'lishi aniqlangan.

Shunday o'zgaruvchan tarkibli qattiq holatdagi moddalarning mavjudligi ularning xossalari, masalan, magnit xossalari, rangi, elektr tokining o'tkazuvchanligini tekshirish natijalari asosida aniqlandi. Bunday birikmalar *d*-elementlarning oksidlari, gidridlari, karbidlari, nitridlari va sulfidlari orasida keng tarqalgan. Ular ko'pincha ravshan rangli, yarim o'tkazuvchan xossaga ega, ularda reaksiya va katalitik xususiyatlar doimiy tarkibga ega bo'lgan moddalarnikiga qaraganda ustun ekanligi aniqlangan.

O'zgaruvchan tarkibli moddalarni molekular moddalardan farq qilish uchun N.S. Kurnakov taklifiga ko'ra *bertollidlar* deb, molekular tabiatli (ya'ni turg'un tarkibli) moddalar *daltonidlar* deb ataladigan bo'ldi.

### 3. Kimyoviy formulalar

Kimyoviy moddalarning xossalari tavsiflash maqsadida ularning formulalaridan keng foydalaniladi. Kimyoda ko'p uchraydigan formulalar turlarini eslatib o'tamiz.

1. *Empirik formulalar* moddaning element analizi natijasi asosida olingan ma'lumotlardan hisoblab topiladi. Bunday formuladagi atomlar soni, ularning o'zaro nisbatlari umumiy ko'paytuvchisi bo'lmagan butun sonlar orqali ifodalanadi. Masalan, eng sodda empirik formula  $\text{C}_2\text{H}_2$  asetilen va

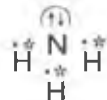
benzolga mos keladi. Lekin, analiz qilingan moddaning xossalari va molekular massasi asosida uning molekular formulasini keltirib chiqarish mumkin.

2. *Molekular (kimyoviy) formula* molekuladagi atomlar sonini aks ettiradi, lekin uning atomlari orasidagi bog'lanishni aks ettirmaydi. Masalan,  $H_2SO_4$ ,  $C_2H_4O_2$ ,  $NaCl$  va boshqalar. Osh tuzi tarkibidagi natriy ionlari o'zining atrofidagi 6 ta xloridan birortasi bilan bevosita bog'lanmagan. Uning formulasini  $NaCl$  ko'rinishida yozish moddaning molekular massasiga to'g'ri keladi, kristaldagi kation va anionlar miqdorining o'zaro nisbatlari 1:1 ga teng ekanligini to'g'ri aks ettiradi.

3. *Grafik formula* molekuladagi atomlar orasida bog'lanish hosil qilishda qatnashgan elektron juftlarning har birini valent chiziqlar orqali ifodalash vositasidir. Bunday formulalar atomlar orasidagi bog'larni aks

ettiradi:  $H-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}$ . Ular molekulalarning geometrik shaklini, undagi atomlarning fazoviy holatlarini aks ettirmaydi.

4. *Elektron formula* molekuladagi atomlar har birining tashqi valent pog'onasidagi bog'lovchi (yadrolar oralig'ida taqsimlangan) va taqsimlangan elektronlari aks ettirgan tuzilish formulaga o'xshash ko'rinishga ega:

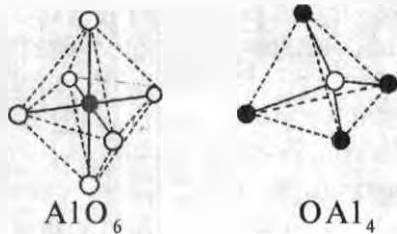


5. *Molekular struktur formula* molekuladagi atomlar orasidagi masofalar, valent burchaklarning kattaligi haqidagi ma'lumotlarni aks ettiradi.

Kimyoviy ma'lumotlar manbalarida har qanday moddalar formulalari grafik ko'rinishda yoziladi, bunday formulalar o'quvchiga moddalarning kimyoviy xossalari haqida ma'lumot beradi. Shu bilan birga formulalarni shunday tarzda ifodalashda o'quvchilarning elementlar valentligini tushunish va undan to'la foydalanish imkoniyati ortadi.

Molekulalarning grafik va tuzilish formulalari orasida farq bor, ularning har birini o'z o'rnida qo'llash kerak. Ikki xil modda misolida bu farqni aniqlab olamiz.

Osh tuzi, kaliy xlorid kabi ion tabiatli moddalarda molekula yo'q, ularda kation va anionlar ma'lum miqdordagi teskari zaryadli ionlar bilan qurshalgan ion kristall panjara hosil qiladi. Osh tuzini  $NaCl$  tarzida



1. 2-rasm.  $Al_2O_3$  kristallarini hosil qiluvchi oktaedr strukturali  $AlO_6$  va tetraedr tuzilishiga ega bo'lgan  $OAl_4$  fragmentlari.



yozish ionlarning molekuladagi holatini aks ettirmaydi, bu yozuv tuzilish formulasi emas. Bunday vaziyat boshqa ion tabiatli molekularlar (metall oksidlari, gidroksidlari, tuzlar)da ham kuzatiladi. Ko'pincha aluminiy oksidini  $O=Al-O-Al=O$  ko'rinishda yoziladi, haqiqatda bunday yaxlit molekula yo'q, modda ionlardan tashkil topgan. Ba'zi moddalar, hatto bug' holatda ham molekularlar holida bo'lishini inkor etib bo'lmaydi, lekin anorganik moddalarning ionli yoki metall kristall panjaralar hosil qiladigan birikmalarida ayrim olingan molekularlar yo'q, ulardagi markaziy atom atrofida joylashgan (koordinatsiyalangan) atom yoki ionlar bilan bir xil darajada ta'sirlashib turadi. Shu asosda koordinatsion son tushunchasi kelib chiqqan.

Aluminiy oksidida metall atomi atrofida 6 ta kislorod atomi joylashgan (koordinatsion son 6 ga teng), har bir kislorod atomi atrofida 4 ta aluminiy atomi joylashgan.

Kristall holatda bu modda tarkibi  $AlO_6$  oktaedrlari bilan va  $OAl_4$  tetraedrlaridan iborat.  $Al_2O_3$  faqat molekuladagi elementlarning stexiometrik nisbatlarinigina aks ettiradi.

Molekular tabiatli moddalarning tuzilish formulalari molekular kristall panjara tugunlarida kovalent yoki qutbli bog'ga ega bo'lgan molekularlardagi atomlarning ma'lum tartibda joylashganini aks ettiradi. Bunday moddalar molekularlari erkin holatda ham, kristall panjarada ham o'z holatlarini saqlab qoladi.

#### **4. Kimyoviy moddalarning xillari**

Kimyoviy elementlar, ular hosil qilgan atom va molekularlari moddalarning xossalari, ular tarkibidagi atomlarning elektron tuzilishi, turli sharoitda hosil qilgan oddiy moddalari turli xususiyatlarga ega bo'lishi (allotropik shakl ko'rinishlar)ga sabab bo'ladi.

D. I. Mendeleyev davriy sistemasidagi 109 ta elementlar metallarga (87 ta element) va metallmaslarga (22 ta element) bo'linganligi bizga ma'lum. Lekin bu gruppalar orasida keskin chegara yo'q. IV—VII gruppalaridan oraliq xususiyatga ega bo'lgan germaniy, mishyak, surma, tellur, poloniy va astatlarni aytib o'tish kerak. Bulardan oxirgi uchtasini metallmaslar gruppasiga, boshlang'ich uchtasini esa metallar qatoriga kiritish mumkin. Oddiy sharoitda (ko'pincha, standart sharoit deb ataladigan  $25^\circ C$  temperatura va 101,325 kPa bosimda) gaz holdagi elementlar qatorini 6 ta nodir gazning bir atomli molekularlari (He, Ne, Ar, Kr, Xe va Rn) hamda H, F, Cl, O, N larning ikki atomli molekularlari tashkil etadi. Davriy sistemadagi elementlar orasida faqat ikkita modda — simob va bromgina oddiy modda suyuqlik holidaligi ma'lum. Qolgan elementlar ora-

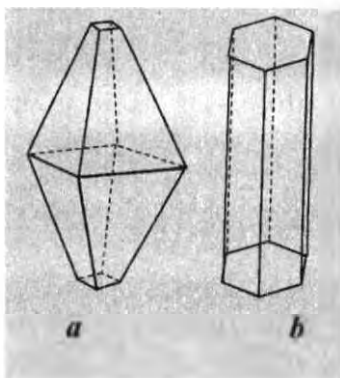
sida reniy ( $3180^{\circ}\text{C}$ ) eng yuqori suyuqlanish temperaturasi ega, seziiy ( $+28^{\circ}\text{C}$ ) va galliy ( $+30^{\circ}\text{C}$ )lar eng oson suyuqlanadigan moddalardir.

Oddiy modda tabiatda bir necha shakl ko'rinishida, ya'ni allotropik xususiyatga ega bo'lishi mumkin. Shunday allotropik shakllarda uchrashi natijasida 105 ta kimyoviy element 400 dan ortiq moddalar holida uchraydi.

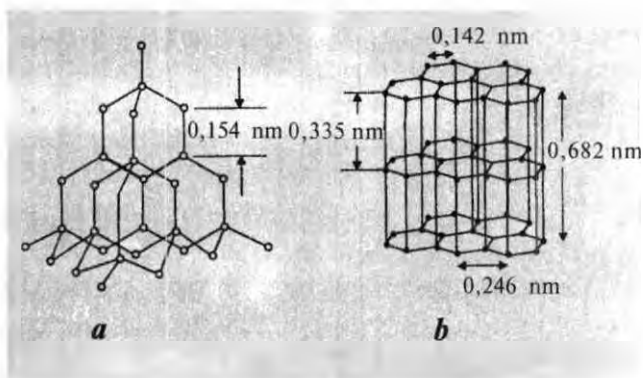
Ayni element atomlaridan tashkil topgan, turli xususiyatlarga ega bo'lgan moddalar (allotropik shakl ko'rinishlar) molekularidagi atomlar orasidagi bog' yoki kristall panjara xili turlicha bo'lishi mumkin. Ular orasida molekularni hosil qilishda turli miqdordagi atomlar qatnashgan holat ( $\text{O}_2$  va  $\text{O}_3$  ni eslang), kristall strukturasi turlicha bo'lganlari (olmos, grafit) ham ma'lum. Qattiq moddalarga xos bo'lgan shakl ko'rinishlar **polimorfizm** deyiladi. Polimorfizm ba'zan suyuq holdagi kristallarda ham uchraydi.

Allotropik shakl ko'rinishlarga ega bo'lgan moddalarning bir kristall strukturadan ikkinchisiga o'tishi tashqi omillarga bog'liq. Masalan, oltin-gugurt rombik va monoklinik (1.4-rasm) shaklda bo'la oladi. Temperatura  $95,6^{\circ}\text{C}$  dan past bo'lganda rombik tuzilishga, undan yuqorida esa monoklinik kristall panjara holida mavjud. Bu ikki shakl ko'rinish qaytar jarayonda qatnashadi.

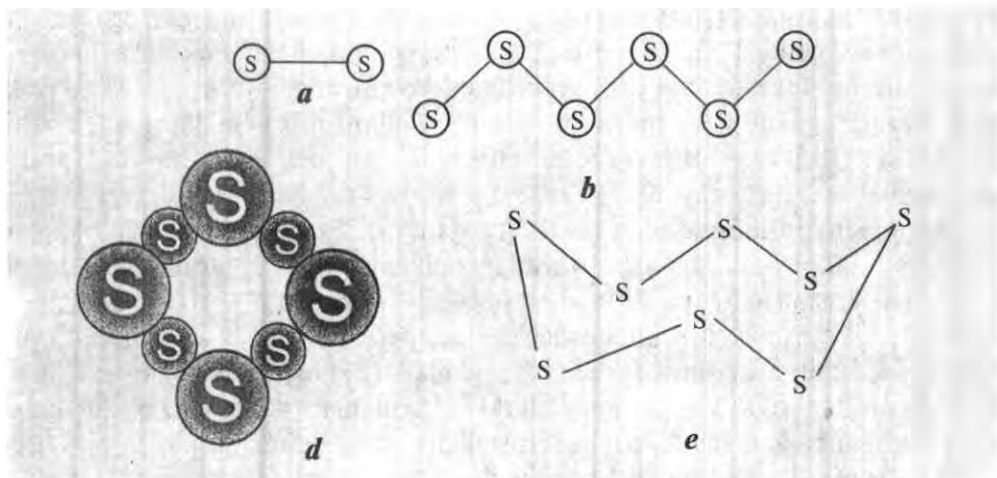
Ba'zan, kimyoviy jarayonlarda hosil bo'ladigan modda allotropik shakllarning noturg'un ko'rinishdagi modda holida bo'lib, vaqt o'tishi bilan turg'un holga o'tishi kuzatiladi. Masalan, fosfor bug' holatdan qattiq moddaga aylanganda oq fosfor modifikatsiyasi hosil bo'ladi. Bu shakldagi allotropik fosfor qizdirliganda qizil fosforga aylanadi, lekin teskari jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi.



1.3-rasm. Oltin-gugurtning rombik (a) va monoklinik (b) tuzilishga ega bo'lgan shakl ko'rinishlari.



1.4-rasm. Olmos kristall panjarasida (a) va grafit kristall panjarasi (b)da atomlarning joylashishi.



I. 5-rasm. Oltिंगugurt molekularining tuzilishi:

*a—S<sub>2</sub>; b—S<sub>8</sub> va S<sub>n</sub> ning fazoviy holatlari; d—S<sub>8</sub> ning ustki tomondan va e—yon tomondan ko'rinishi.*

Allotropiya hodisasi, asosan, IVA—VIA gruppachalar elementlarida kuzatiladi. VIA gruppacha elementlaridan kislorodning atomar, molekular va ozon ko'rinishidagi allotropik shakllari ma'lum. Bu shakllarning hammasi gaz holida bo'lganligi sababli ular bir-biridan faqat modda molekulasidagi zarrachalar soni bilan farq qiladi.

Qattiq moddalarda allotropik shakllarni bir-biridan farq qilishiga olib keldigan strukturalar ko'proq ko'zga tashlanadi (I.4- rasm). Masalan, grafit va olmos strukturalaridagi farq ularning makromolekular xususiyatlari orqali ifodalanadi. Bunday strukturalar kovalent bog'lar orqali yuzaga keladi. Kremniy karbid (SiC)<sub>n</sub>, bor nitrid (BN)<sub>n</sub> va kremniy oksid (SiO<sub>2</sub>)<sub>n</sub> lar ham shunday tuzilishga ega bo'lgan moddalarga misol bo'ladi.

Oltिंगugurtda ham shunday zarrachalardagi atomlar soni turlicha bo'lgan shakllar ma'lum, lekin ular bir-biridan murakkabroq xususiyatlari — kristall panjaralarning turi bilan farq qiladi. Oltिंगugurtning S<sub>2</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>6</sub>, S<sub>8</sub> hatto S<sub>n</sub> molekulasini ma'lum. Ulardan S<sub>2</sub> chiziqli shaklda bo'lsa, S<sub>8</sub> siklik tojsimon shaklga ega bo'ladi (I.5- rasm).

Yuqorida ko'rib o'tilgan allotropik shakllardan S<sub>2</sub>—S<sub>6</sub> larning turg'unligi kam, S<sub>8</sub> esa turg'unroq bo'ladi; bunday molekula kristall panjara tugunlarida joylashib, turg'un bo'lgan rombik kristall struktura hosil qiladi. Lekin, zarracha tarkibida atomlar soni qancha ko'p bo'lsa, allotropik shakl ham turg'un bo'ladi, deyish noto'g'ri. Suyuqlangan oltिंगugurt sovuq suvga quyilsa, oltिंगugurt atomlaridan tashkil topgan plastik zanjirsimon shakli

(1.6-rasm) hosil bo'ladi. Bu shakl bir necha minutdan keyin turg'un shakl ko'rinish — rombik oltingugurtga o'ta boshlaydi.

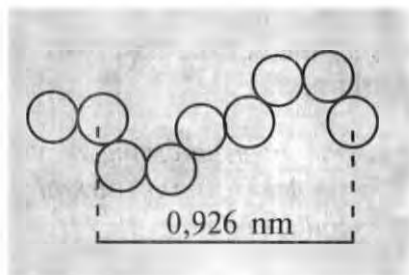
Shu gruppachadagi selen va tellur qat-tiq holda ikkita — amorf va kristall shakl-larga ega bo'lishi ma'lum.

VA gruppacha elementlaridan fosfor bir necha shakl ko'rinishga (oq, qizil, qora va binafsha) ega. Ularning strukturalari chuqur o'rganilmagan 1.7-rasmda oq va qora tusli fosforning atomlari piramida cho'qqilarini egallashi aks ettirilgan. Temperatura 400 °C da qizil rangli kukun holiga o'tadi, uning tarkibida atomlar soni ko'p; uzoq vaqt bosim ostida qiz-dirilganda qora rangli polimer ( $P_n$ ) modifikatsiyaga o'tadi. Qora fosfor atomlardan tashkil topgan qatlamli tuzilishga ega bo'lib, unda har bir fos-for atomi yaqin qo'shni atomlarning uch-tasi bilan bog'langan.

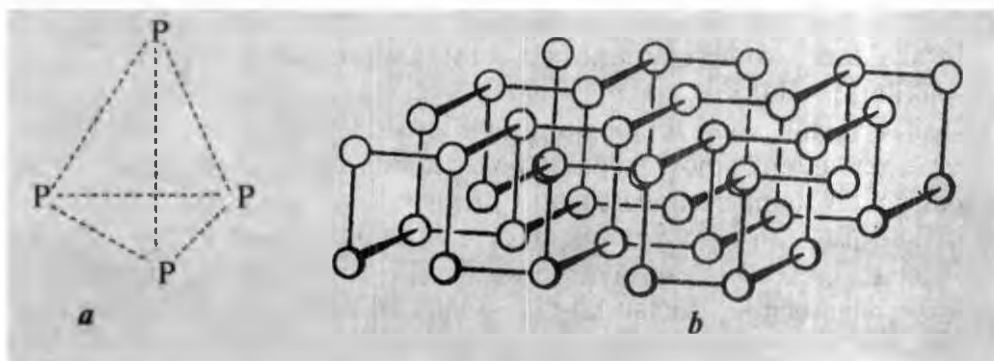
Oq fosforning zichligi boshqa allotropik shakllarnikidan ko'ra kam, atomlarning oraliq masofalari kattaroq bo'lishi bu modifikatsiyaning kim-yoviy jihatdan aktivroq ekanligini tushuntirishga asos bo'la oladi: oq fosfor +40 °C atrofida alanganadi.

Shu gruppachadagi surmaning kulrang, sariq, qora va portlovchi xususiyatga ega bo'lgan shakli, mishyakning uch xil — kulrang, sariq va qora rangli allotropik ko'rinishlari ma'lum.

IVA gruppachadagi uglerod uchun kub kristall tuzilishdagi olmos, uglerod atomlari atrofida yaqinroq joylashgan qo'shnilari tetraedrning



1.6-rasm. Plastik oltingugurt makromolekulasining fragmenti.



1.7-rasm.

*a — oq fosfor ( $P_4$ ) molekulasini; b — qora fosfor ( $P_n$ ) polimerining tuzilishi (har ikkala holatda ham fosfor atomi uchta qo'shni atomlar bilan  $\sigma$ -bog'lar orqali bog'langan).*

cho'qqilarini egallagan va geksagonal kristall panjara shakliga ega bo'lgan grafit, meteoritlar tarkibida va sun'iy usulda olingan **lonsdeylit** shakllari ma'lum.



*Elementlarning allotropik shakllari bir-biridan ikkita xususiyati — molekulasining tarkibi va kristall panjarasining tuzilishi bilan farq qiladi.*

Allotropik shakl ko'rinishga xos bo'lgan quyidagi uchinchi xil alomatni ham qo'shish kerak. Vodород atomining yadrosi — protonning spini molekula hosil qilishda ikki vaziyatda — bir-biriga parallel holda (uni *para*-holat, belgisi  $p\text{-H}_2$ ) va qarama-qarshi yo'nalgan spinli holat (*orto*-vodorod  $o\text{-H}_2$ ) da bo'lishi mumkin. Bunday vodorod molekulari bir-biridan o'zlarining magnit, optik va termik xususiyatlari bilan farq qiladi. Oddiy sharoitda vodorod molekulari 75%  $o\text{-H}_2$  dan va 25% miqdori  $p\text{-H}_2$  dan tashkil topgan.  $o\text{-H}_2 \leftrightarrow p\text{-H}_2$  jarayonida 1,42 kJ issiqlik ajralib chiqishi  $p\text{-H}_2$  shakl turg'unroq bo'lishidan darak beradi. Bu jarayonning muvozanati ba'zi katalizatorlar (aktivlangan ko'mir, ba'zi metallarning oksidlari va gidroksidlari, masalan, siyrak-yer elementlarining gidroksidlari) ishtirokida qaror topadi. Demak, vodorod elementi uchun bu ikki xildan tashqari uchinchi xil allotropik shakl ko'rinish — atomar vodorodni ham qo'shish kerak.

Oxirgi turdagi allotropiya odatdagi sharoitda atomar holdagi azot, galogenlar va boshqalar o'zlarining ikki atomli molekularidan farq qilib, allotropik shakl ko'rinishlar sonini ko'paytiradi.

Allotropiya hodisasi biz ko'rib o'tgan metallmaslargagina emas, ko'p metallar uchun ham xosdir: litiy, natriy va berilliy uchun  $\alpha$ - va  $\beta$ -shakllar; xrom, marganes va temir uchun esa uch xil  $\alpha$ -,  $\beta$ -, va  $\delta$ -shakllar ma'lum.

Qalay metali xona temperaturasidan pastda, ayniqsa, manfiy temperaturalarda kulrang amorf holda bo'lib, metallmaslik xususiyatga ega bo'lsa, undan yuqori temperaturalarda oq tusli metall ko'rinishiga ega bo'ladi va metall xususiyatini namoyon qiladi.

Metallarga xos bo'lgan allotropiya ularning kristall panjaralaridagi *polimorfizm* bilan bog'liq. Metall kristall panjaralari uchun yon tomonlari markazlashgan kub geksagonal va hajmiy markazlashgan kub turdagi kristall panjaralar xos bo'lib, ularning energiyalari bir-biriga yaqin bo'lishi tufayli, tashqi sharoitlarning o'zgarishi bir xil panjaradan ikkinchisiga o'tishiga yetarli bo'ladi. Bunday xilma-xillik ko'proq *d*-elementlarga xosdir.

## Testlar

1. Quyida aytib o'tilgan moddalarning qaysilari tarkibida ikkita allotropik shakl ko'rinishiga ega bo'lgan element atomlari mavjud?

1) suv; 2) xlor; 3) uglerod (IV) oksid; 4) ammiak; 5) xlorid kislota; 6) sulfid angidrid; 7) fosfat kislota.

A) 1,2,4,6 B) 2,5,6,7 C) 1,3,4,6 D) 1,3,5,6 E) 1,3,6,7

2. Quyidagi moddalar orasidan nomolekular tuzilishga ega bo'lganlarini toping.

1) vodorod oksid; 2) berilliy oksid; 3) vodorod yodid; 4) fosfor(V) sulfid; 5) bariy sulfid; 6) ammoniy xlorid.

A) 1,2,6 B) 2,5,6 C) 2,4,5 D) 2,3,5,6 E) 2,4,6

3. Moddalarning kimyoviy xossalari o'zida mujassamlashtiradigan eng kichik zarracha qanday nomlanadi?

A) proton B) molekula C) neytron D) atom E) yadro

4. Qaysi moddalar tarkibida allotropik shakl ko'rinishiga ega bo'lgan element atomlari mavjud?

1) pirofosfat kislota; 2) aluminiy sulfat; 3) aluminiy xlorid; 4) ammoniy gidroksid; 5) temir(III) xlorid; 6) osh tuzi; 7) kaliy nitrid; 8) sulfat kislota.

A) 1,2,3 B) 1,2,8 C) 3,5,7 D) 6,7,8 E) 2,5,7

5. Aluminiy gidrofosfat molekulasida kimyoviy bog'larning soni nechta bo'ladi?

A) 5 B) 12 C) 18 D) 24 E) 8

XIX asr boshi va, ayniqsa, o'rtalarida tabiiy fanlar jadal rivojlanib moddalar tarkibini mukammal o'rganish imkoniyati paydo bo'ldi.

Quyida xronologik tartibda atom tuzilishiga taalluqli bo'lgan muhim amaliy va nazariy holatlarning yuzaga kelishi haqida ma'lumotlarni sanab o'tamiz:

1. Dalton atomistikasi (1800 yil) «har qanday element bir xil mayda zarrachalar — atomlardan tashkil topgan» ligini ta'kidladi.

2. Fransiyalik kimyogar Prust (1801-yil) modda tarkibining doimiylik qonunini ta'rifladi.

3. 1811-yilda Yung yorug'lik nurining difraksiya xossasini o'rganib uning to'liq tabiatiga ega ekanligini isbotladi.

4. 1811-yilda italiyalik olim Avogadro bir xil sharoitda (temperatura va bosimda) har qanday gazlarning teng hajmlarida bir xil miqdorda zarrachalari bo'lishini aniqladi.

5. 1815-yilda Ya. Berselius elementlar va ular birikmalarining kimyoviy belgilar (hozir ham o'z kuchini saqlab qolgan) sistemasini taklif etdi.

6. 1828-yilda Vyoler anorganik modda (ammoniy sianat) dan organik modda (mochevina)ni sintez qilib oldi.

7. Debereyner (1829-yil) kimyoviy elementlarni bir necha uchliklarga to'pladi.

8. M. Faradey 1834-yilda elektroliz qonuniyatlarini ta'riflab berdi, fanga elektroliz, katod, anod, kation, anion tushunchalarini kiritdi.

9. 1864-yilda Maksvell yorug'lik va elektr hodisalar orasidagi bog'lanishni aniqladi.

10. Maksvell va Lorens aylanma tok harakati bilan elektromagnit to'liq oqimi orasidagi munosabatni aniqladilar.

11. 1893-yilda Stoney manfiy zaryadning eng kichik zarrachasini «elektron» deb atashni taklif etdi.

12. 1897-yilda Tomson katod nuri elektronlar oqimi ekanligini aniqladi.

13. 1898–1899-yillarda Tomson atomning birinchi modelini taklif etdi.

14. 1902-yilda Nagaoka va O. Lodj atom tuzilishining ikkinchi (Saturn planetasiga o'xshash) modelini taklif etdilar.

15. 1905-yilda A. Eynshteyn fotoeffekt hodisasini ta'riflab berdi.

16. 1909-yilda R. Malliken elektronning fizik xossalari (zaryad, massa, harakat tezligi va tinch holatdagi radiusi)ni tavsiflab berdi.

17. 1911-yilda E. Rezerford atomning planetar modelini taklif etdi.

18. 1913-yilda N. Bor postulatlar asosida atomning tuzilish nazariyasini yaratdi.

19. 1922-yilda Shtern va Gerlax atomning magnit moment komponentlari tashqi magnit maydonida diskret qiymatlarni qabul qilishini asoslab berdilar.

20. 1924-yilda Lui de Broyl elektronning to'liqin tabiatini asoslab berdi.

21. 1925-yilda Shredinger atomlarning elektron tuzilishini ifodalovchi to'liqin funksiyasi uchun tenglamani keltirib chiqardi.

22. 1927-yilda Devisson va Djermer elektronlar difraksiyasini kuzatib, ularning to'liqin xususiyatiga ega ekanligini isbotladilar.

XX asr boshlarida tabiatshunoslarning nazariy izlanishlari natijasida atom murakkab tuzilishga ega ekanligi, uning tarkibida musbat va manfiy zaryadlangan zarrachalar mavjudligi isbotlandi.

Gazlar razryadi natijasida paydo bo'lgan manfiy zaryadli zarrachalar oqimini tashkil etgan elektronlar massasi  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg, zaryadi esa  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl (Kulon) ekanligi o'tgan asr oxirida aniqlandi.

E. Rezerford radioaktiv yemirilish natijasida ajralib chiqadigan  $\alpha$ -nurlar oqimining turli metall plastinkalari orqali o'tishida kuzatiladigan hodisalar natijasini umumlashtirib atomning planetar modelini taklif etdi.

Bu modelga binoan atomning massasi uning geometrik markazida, ya'ni yadrosida to'plangan, chunki elektronning massasi yadroni tashkil etuvchi elementar zarrachalar — proton yoki neytronnikidan taxminan 1840 marta yengil ekanligi aniq edi. Ayni atomning yadro zaryadi undagi elektronlar soniga teng.

Keyingi tekshirishlar (G. Mozli, 1914-yil) natijasida esa, *atom yadrosining zaryadi shu elementning D. I. Mendeleyev davriy sistemasidagi tartib raqamiga teng bo'lishi* aniqlandi.

Atomning murakkab tuzilishga ega ekanligini tushunish uchun optik spektrlarning tadqiqoti, bu hodisani vodorod atomi uchun N. Bor ishlab chiqqan *postulatlarining* fan uchun ahamiyati juda katta bo'ldi.

## **II 1. Atom yadrosining tarkibi**

Hozirgi zamon tushunchalariga binoan yadro *neytronlar* ( $n$ ) va *protonlar* ( $p$ ) dan tashkil topgan. Neytronning massasi uglerod birligida (massa soni 12 bo'lgan uglerod izotopi massasining 1/12 qismi) deyarli 1 ga (aniqrog'i 1,00867 m.a.b, proton massasi 1,00728 m.a.b.ga) teng.



Yadro zarrachalari umumiy nom bilan *nuklonlar* deb ataladi. Yadro zarrachalari o'zaro maxsus yadro kuchlari vositasida bog'langan. Bu kuchlar juda qisqa masofa ( $\sim 10^{-13}$  sm) dagina namoyon bo'ladi, yadro kuchlari bir-biriga yaqin joylashgan ikkita neytron, ikkita proton yoki proton va neytron orasida sodir bo'ladi. Yadro kuchlarining manbai nuklonlarning  $\pi$ -mezon deb atalgan zarracha bilan almashinishi natijasidir. Bunday holatda proton neytronga aylanadi:  $p \leftrightarrow n + \pi^+$  yoki neytron protonga aylanadi  $n = p + \pi^-$  ( $\pi^+$  va  $\pi^-$  — musbat va manfiy zaryadli  $\pi$ -mezonlar). Bitta nuklon  $\pi$ -mezon chiqarsa, ikkinchisi uni qabul qiladi, ya'ni  $\pi$ -mezon yadro nuklonlari oralig'ida ularni birlashtirib turuvchi zarracha xususiyatiga ega.

Elementlar yadrosi tarkibini turli miqdordagi proton va neytronlar tashkil etadi (faqat massasi 1 m.a.b. ga teng bo'lgan vodorod atomining yadrosidagina neytron yo'q).

Masalan, xrom atomining yadrosida 24 ta proton va 28 ta neytron bor, ular har birining massasi 1 ga teng bo'lgani sababli, xrom yadrosida 52 ta nuklon bor. Atomning umumiy massasi uning yadrosida to'plangani sababli, xrom atomining massasi ham 52 u.b. ga teng bo'ladi.

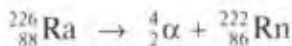
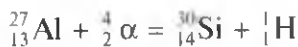
Proton va neytron massalari yig'indisiga teng bo'lgan butun son yadroning *massa soni* deb ataladi. Ya'ni, aluminiy elementining nisbiy atom massasi 26,98154 ga, uning massa soni 27 ga teng, bu qiymat aluminiy yadrosidagi nuklonlar yig'indisiga tengdir.

Bu qiymatlar asosida aluminiy elementining yadrosida 13 ta proton (tartib raqamiga teng qiymat), 14 ta neytron va yadrodan ma'lum masofada 13 ta elektron bor ekanligini hisoblash oson.

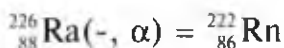
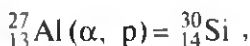
Elementlarning atom yadrolarini ifodalashda *struktur simvoli* qo'llanadi, unga binoan element belgisi chap tomonining yuqori qismida massa soni, pastki qismida tartib raqami (protonlar soni) ko'rsatiladi. Masalan,  ${}_{13}^{27}\text{Al}$ ,  ${}_{9}^{19}\text{F}$ ,  ${}_{24}^{52}\text{Cr}$  va hokazo.

Yadrolar ishtirokida bo'ladigan jarayonlar yadro reaksiyasi tenglamalari ko'rinishida yoziladi. Yadro reaksiyalari tenglamalarida boshlang'ich yadrolarning massa sonlari reaksiya mahsulotlarining massa sonlari yig'indisiga teng va boshlang'ich yadrolar zaryadlarining yig'indisi ham mahsulotlardagi zaryadlarning yig'indisiga teng bo'lishi kerak.

Masalan,



Bu yadro reaksiyalarining tenglamalarini qisqa holda quyidagicha yozish ham mumkin:



(oxirgi tenglamadagi qavs ichidagi chiziqcha — boshlang'ich yadro o'z-o'zidan parchalanishini anglatadi).

## II 2. Izotoplar. Izobarlar. Izotonlar

XX asming boshlarida kimyo va fizika fanlarining rivojlanishi natijasida ayni bir elementning yadro zaryadlari bir xil, lekin atomlarining massalari har xil ekanligi aniqlandi. Atomlar yadro zaryadlarining bir xil bo'lishi ular yagona element atomlari ekanligini ko'rsatadi. Masalan, tabiatda argon elementining quyidagi uchta shakli —  ${}_{18}^{36}\text{Ar}$ ,  ${}_{18}^{38}\text{Ar}$  va  ${}_{18}^{40}\text{Ar}$  uchraydi, qo'rg'oshin elementi  ${}_{82}^{204}\text{Pb}$ ,  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ ,  ${}_{82}^{207}\text{Pb}$  va  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$  atomlar ko'rinishida bo'ladi.

! *Yadro zaryadlari bir xil, lekin atom massalari turlicha bo'lgan kimyoviy elementlar turkumi **izotoplar** deb ataladi.*

Elementlarning izotoplari turli miqdorda bo'lishi mumkin, masalan, simob va qalay yettitadan, ksenon — to'qqizta, vodorod va kislorod — uchtadan izotopga ega. Yagona izotopdan iborat bo'lgan elementlar juda kam, masalan, flor shunday elementlar jumlasidandir. Juft tartib raqamli elementlarning izotoplari toq tartib raqamli elementlarnikidan ko'proq bo'lishi aniqlangan. Izotoplarning atom massalari yetarli darajada aniqlik bilan o'lchanganda ularning massalari deyarli butun son bo'ladi. D. I. Mendeleev jadvalida keltirilgan elementlarning atom massalari ularning tabiiy izotoplarining bir xil miqdorda bo'lmasligi natijasidir, bunday butun bo'lmagan atom massalar aralash izotoplar massalarining o'rtacha qiymatidir.

Masalan, tabiiy xlor tarkibida massa sonlari 35 va 37 bo'lgan izotoplardan tegishlicha 75 va 25% dan aralashgan bo'ladi. Elementning o'rtacha atom massasi 35.46 ga teng bo'lishini hisoblash oson. Ayni element izotoplarining kimyoviy xossalari bir xil bo'lganligi sababli, ularni bir-biridan farq qilish qiyin.

! *Tabiiy elementlar orasida massa sonlari o'zaro teng, lekin yadro zaryadlari har xil bo'lgan elementlar — **izobarlar** deb ataladi.*

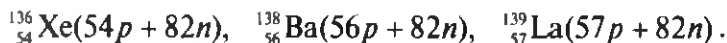
Bunday zarrachalarga misol tariqasida nisbiy atom massalari 40 ga teng bo'lgan kaliy va argonni, nisbiy atom massalari 54 ga teng bo'lgan xrom va

temirni, nisbiy atom massalari 123 ga teng bo'lgan surma va tellurlarni keltirish mumkin. Izotoplar bilan izobarlardagi yadro zarrachalar tarkibi har xil bo'lgan yana bir guruh zarrachalar — *izotonlar* ham ma'lum.

! *Atomlar yadrosida neytronlar soni bir xil bo'lgan zarrachalarni izotonlar deb ataladi.*

Yuqorida aytilgan ayni element izotoplari kimyoviy jihatdan bir-biridan farq qilmaydi degan tushuncha vodorod izotoplari uchun amal qilmaydi, chunki vodorod elementining izotopi protiy (massa soni 1 ga teng) bilan og'ir izotop — deyeriy (massa soni 2 ga teng) bir-biridan farq qiladi. Reaksiya tezligi unda qatnashuvchi zarrachalar harakat tezligi bilan bog'liq bo'lishi sababli «og'ir suv» ( $D_2O$ ) oddiy suvga nisbatan kimyoviy reaksiyalarda sustroq qatnashadi. Biologik jarayonlar bunday suv ishtirok etganda sustlashadi, fermentlar faoliyati keskin pasayadi. Massa soni 3 ga teng bo'lgan vodorod elementining izotopi — tritiy ( $T_2O$  — *o'ta og'ir suv*) kislorodli birikmasining bunday xossalari yanada katta farq qiladi.

Izotonlarga misollar:



## II 3. Atom yadrosining tuzilishi

Yadro tarkibini tashkil etuvchi neytron va protonlar yadro kuchlari hisobiga o'zaro mustahkam bog'langan bo'ladi. Nuklonlar oralig'idagi bog' energiyasi haqida *massa defekti* kattaligi asosida ma'lumotga ega bo'lish mumkin.

Yadro massasi uning tarkibini tashkil etuvchi proton va neytronlar massalari yig'indisidan kichik bo'lishi aniqlangan. Bu farq (massa defektining kattaligi)ni quyidagi tenglikdan topish mumkin:

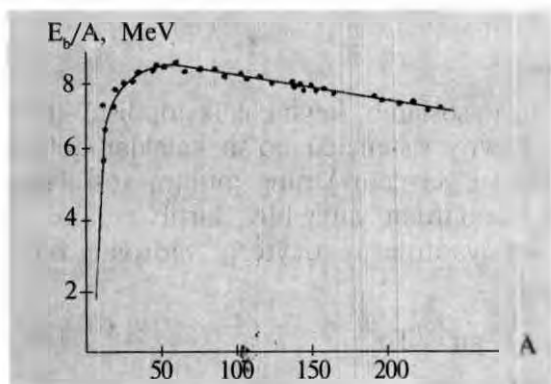
$$\Delta m = Z \cdot M_p + (A - Z)M_n - M$$

Bu formulada  $Z$  — protonlar soni,  $M_p$  va  $M_n$  — jami proton va neytron massasi,  $A$  — massa soni,  $M$  — yadroning tajriba yo'li bilan aniqlangan massasi.

Birga teng bo'lgan massaning atom birligi uchun  $E$  ning qiymatini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$E = 1 \text{ m.a.b.} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ m.a.b.}} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ m}^2 \text{c}^{-2} = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} =$$

$$= 9,3 \cdot 10^8 \text{ eV} = 931,5 \text{ MeV} \quad (1 \text{ J} = \text{g} \cdot \text{m} \cdot \text{c}^{-2}, 1 \text{ eV/atom } 96500 \frac{\text{J}}{\text{mol}}).$$



II. 1-rasm. Har bir nuklonga to'g'ri keladigan o'rtacha bog'lanish energiyasi ( $E_b/A$ ) ning atom massa soniga nisbati.  $E_b/A=8$  MeV ga yaqin bo'lishi (yengil yadrolardan tashqari) yadro kuchlari to'yinuvchan xususiyatga ega ekanligini tushuntiradi. Kulon kuchlari tufayli og'ir yadrolarda itarishuv kuchlari ortishi hisobiga bog'lanish energiyasi kamayib boradi.

$\Delta m$  ning qiymati yadro massasining 0,1% ini tashkil etadi. Kimyoviy reaksiyalar davomida massaning energiyaga aylanishida  $\Delta m$  ning qiymati  $1 \cdot 10^{-7}\%$  ga yetmaydi. Yadro nuklonlari orasidagi bog'lanish energiyasining har bir nuklonga to'g'ri keladigan maksimal qiymati taxminan 8,6 MeV ga yetadi (II.1- rasm).

Yadro nuklonlari orasidagi bog'lanish energiyasi ular tabiatiga bog'liq emas, ya'ni ikkita proton, ikkita neytron yoki bitta proton va bitta neytron orasidagi bog'lanish energiyasi bir xil. Lekin bu energiya qiymati har xil yadrolar uchun turlicha bo'ladi. Masalan, neytron energiyasi  $^{12}\text{C}$  yadrosida 18,7 MeV ga teng,  $^9\text{Be}$  yadrosida esa 1,6 MeV gagina yetadi. Aniqlanishicha, yadrodagi protonlar va neytronlar soni juft bo'lganda (juft-juft yadrolar) nuklonlar orasidagi bog'lanish energiyasi, ayniqsa, katta bo'lar ekan. Bunday yadroli atomlar tabiatda keng tarqalgan. Toq-toq, toq-juft nuklonli yadrolarda bog'lanish energiyasi ancha zaif, ular tabiatda kamroq tarqalgan. Ular orasida toq-toq nuklonli yadrolar to'rttagina:  $^2_1\text{D}$ ,  $^6_3\text{Li}$ ,  $^{14}_7\text{N}$  va  $^{10}_5\text{B}$ . Yadro tarkibida 2, 8, 14, 20, 28, 50, 82 proton yoki neytron va 126, 152 neytron tutgan yadrolar, ayniqsa, mustahkam ekanligi aniqlangan. Bunday raqamli ( $Z$  va  $N$  qiymatlari) yadrolar «sehrli yadrolar», raqamlar esa «sehrli sonlar» deb yuritiladi. Agar shunday yadrolarda ham proton, ham neytronlar soni «sehrli» bo'lsa {masalan',  $^4_2\text{He}(2p + 2n)$ ,  $^{16}_8\text{O}(8p + 8n)$ ,  $^{28}_{14}\text{Si}(14p + 14n)$ ,  $^{40}_{20}\text{Ca}(20p + 20n)$ ,  $^{208}_{82}\text{Pb}(82p + 126n)$ }, bunday yadrolar «ikki karra sehrli yadrolar» deb nomlanadi.

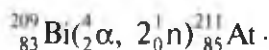
Faqat protonlar soni sehrli bo'lgan yadrolarga  $^{28}_{28}\text{Ni}$ ,  $^{50}_{50}\text{Sn}$ ,  $^{82}_{82}\text{Pb}$  ni, neytronlar soni sehrli bo'lgan yadrolarga  $^{88}_{38}\text{Sr}(38p + 50n)$ ,  $^{90}_{40}\text{Zr}(40p + 50n)$ ,  $^{138}_{56}\text{Ba}(56p + 82n)$ ,  $^{139}_{57}\text{La}(57p + 82n)$ ,  $^{140}_{58}\text{Ce}(58p + 82n)$  ni misol tariqasida keltirish mumkin.

## II 4. Yangi elementlar sintezi

D. I. Mendeleyev, davriy qonunga asoslanib, keyinchalik topilishi kerak bo'lgan bir necha element uchun Davriy sistemada bo'sh kataklar qoldirgan, ulardan uchta (skandiy, gallyiy va germaniy) ning muhim xossalarini oldindan tavsiflab bergan edi. Elementlardan yana biri, tartib raqami 43 bo'lgan texnetsiy elementi molibden yadrolarini deuteriy yadrolari bilan (1937-yil) bombardimon qilib olindi:



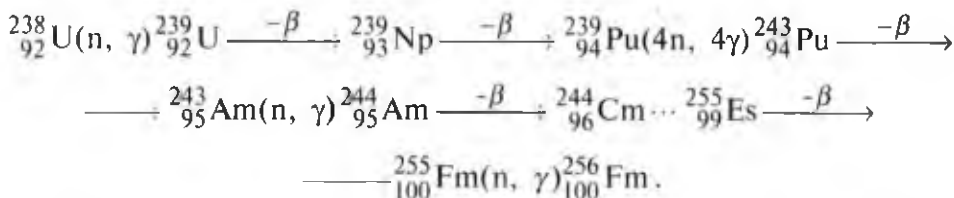
1940-yilda vismut yadrolariga  $\alpha$ -zarrachalar oqimi bilan ta'sir ettirilib, tartib raqami 85 bo'lgan astat yadrolari hosil qilindi:



Uran yadrosining parchalanish mahsulotlaridan tartib raqamlari 61 (prometiy Pm) va 87 (fransiy Fr) bo'lgan elementlarning izotoplari topilgan.

Davriy sistemada urandan ( $Z=92$ ) keyin joylashgan elementlar bombardimon qilish yo'li bilan sintez qilib olingan. Bunda bombardimon qiladigan zarrachalar sifatida neytronlar, deuteriy yadrosi (deytron),  $\alpha$ -zarrachalar, ko'p zaryadli ionlar — B, C, N, O, Ne (ularning energiyalari 130 MeV gacha yetadi) qo'llanadi. Bu sohada AQSh olimlaridan G. Siborg va uning shogirdlari, Rossiyada G. N. Flerov boshchiligida (Dubna shahrida)gi tadqiqotchilar katta yutuqlarga erishdilar. Hozirgi paytda sintez zanjirini quyidagi sxemalar asosida tasavvur etish mumkin.

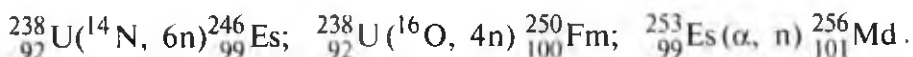
1.  ${}^{238}\text{U}$  asosida ishlaydigan yadro reaktorlarida uran yadrosiga neytronlar uzoq vaqt davomida ta'sir ettirilganda  $Z=100$  (fermiy Fm) gacha bo'lgan elementlar izotoplari hosil bo'lar ekan:



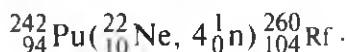
Oxirgi izotop juda noturg'un, u o'z-o'zidan yadro zaryadlari kichikroq bo'lgan izotoplarga parchalanib ketadi.

2. Yadro zaryadlari kattaroq bo'lgan elementlar izotoplarini olish uchun neytron oqimi yetarli emas. Bunday izotoplarni  $\alpha$ -zarracha yoki

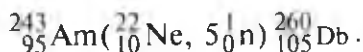
yadro zaryadi kattaroq bo'lgan elementlar ionlarini yuqori energiyali tezlatuvchi qurilmalarda hosil qilingan oqimidan foydalanib olish mumkin:



104 va 105-elementlarni Dubna shahrida G. Flerov boshchiligidagi olimlar guruhi tomonidan sintez qilindi (1964-yil):



Oradan 3 yil o'tgandan keyin shu olimlar guruhi quyidagi yadro reaksiyasini amalga oshirdilar:

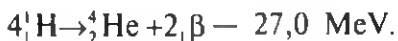


Elementlar sintezi sohasida olib borilgan tadqiqotlarning ko'rsatishi-cha, urandan keyingi elementlarning yadro zaryadi ortib borishi bilan yashash davri keskin qisqarib borar ekan. Masalan,  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  uchun yarim yemirilish davri ( $T_{1/2}$ )  $1,4 \cdot 10^{10}$  yil,  ${}_{92}^{235}\text{U}$  uchun  $7 \cdot 10^8$  yil,  ${}_{97}^{247}\text{Bk}$  uchun  $7 \cdot 10^3$  yil,  ${}_{99}^{254}\text{Es}$  — 2 yil,  ${}_{101}^{258}\text{Md}$  — 80 kun,  ${}_{104}^{261}\text{Rf}$  — 70 c va  ${}_{105}^{262}\text{Db}$  — 40 c, 107-element uchun 0,002 c gacha qisqarar ekan.

Shu qonuniyat keyingi elementlar uchun ham taalluqli. Davriy sistemada elementlarning eng katta yadro zaryadlisi 108–110-elementlar bilan cheklanadi deb taxmin qilinadi. Lekin, ba'zi nazariy holatlarga ko'ra, o'ta og'ir massali elementlar yadrolarida tugallangan nuklon tutgan energetik pog'onali ( $Z=114, 126$  va neytronlar soni 184 bo'lganda  ${}_{114}^{298}\text{E}$  va  ${}_{126}^{310}\text{E}$ ) elementlarning yarim yashash davri  $10^6$ – $10^7$  yilga yetishi mumkin.

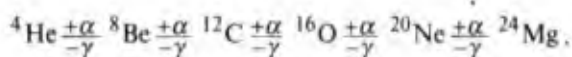
Yadro fizikasi va astrofizikaning hozirgi zamon taraqqiyoti Quyosh sistemasidagi yulduzlarda sodir bo'ladigan yadro jarayonlarida, elementlarning sintezi va turli o'zgarishlari, ularga taalluqli bo'lgan hodisalar Koinotning umumiy qonuniyatlariga bo'ysungan holda amalga oshishi aniqlandi. Bu jarayonlarda elektron pog'onalaridagi barcha elektronlar ionlanish natijasida yo'qotilgan yuqori energiyali yadrolarning o'zaro to'qnashishi yoki yadrolarning neytronlar bilan reaksiyasi natijasida yangi elementlar bilan boyib borishi yuz beradi. Bu jarayonlarning amalga oshishi Quyoshdagi yoki yulduzlarda mavjud bo'lgan yuqori temperatura (o'nlab million graduslar) va kuchli elektromagnit maydonlari hisobiga amalga oshadi. Quyoshda va yulduzlarda vodород

yadrolaridan geliyning hosil bo'lishini quyidagi reaksiya bilan ifodalash mumkin:



Shu miqdordagi energiya Quyoshdan tarqaladigan (shu jumladan Yerga yetib keladigan) energiya manbai bo'ladi.

Temperaturasi yuzlab million gradus bo'lgan yulduzlarda sodir bo'ladigan termoyadro jarayonlarida turg'un xususiyatga ega bo'lgan izotoplar quyidagi zanjirda hosil bo'ladi:



Bunga o'xshash o'zgarishlarda  $\alpha$ -zarrachadan tashqari neytronlar va protonlar ham qatnashadi.

Kelajakda amaliy ahamiyatga ega bo'lishi mumkin bo'lgan yadro reaksiyasi ( ${}^3_6\text{Li} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{T} + {}^4_2\text{He} + 46 \cdot 10^7 \text{ kJ}$ ) Yerdagi energetik muammolarni hal etishga yordam berishi mumkin. Hosil bo'lgan tritiy bilan deyteriy orasidagi reaksiya ( ${}^3_1\text{T}({}^2_1\text{D}, {}^1_0\text{n}){}^4_2\text{He}$ ) ni amalga oshirish uchun ular 100 mln gradusgacha qizdirilishi kerak. Bunday jarayonlar *termoyadro reaksiyalari* deb ataladi. Kerakli temperatura yadro bombasi portlashi natijasida hosil bo'ladi.

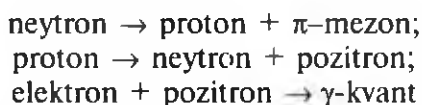
Termoyadro reaksiyasini amalga oshirish yo'lida yuqorida aytib o'tilgan muammolar hal etilishi kerak. Deyteriy va tritiy yadrolaridan geliy sintez qilinda 17,6 MeV energiya ajraladi. Yer sharidagi suvlar tarkibidagi  ${}^2_1\text{D}$  ning zaxirasi  $2 \cdot 10^{13}$  tonna bo'lib, uning energetik imkoniyati  $1,5 \cdot 10^{25}$  MJ ga yaqin.

XIX asrning ikkinchi yarmida tabiiy fanlarning rivojlanishiga katta ta'sir ko'rsatgan omillardan biri — Davriy qonun XX asrning boshida atom tuzilishining chuqur tadqiqoti natijasida o'zining fizik asosi bilan boyidi, undan keyingi davrida esa shu qonun asosida izlanishlarning samarali bo'lishi uchun yo'l ko'rsatuvchi roli tabiiy fanlarning rivojlanishi uchun katta ahamiyatga ega bo'ldi.

## Xulosalar

1. XIX asrning oxirida kashf etilgan radioaktivlik hodisasi atomning murakkab tuzilishga ega ekanligini tasdiqlovchi eng muhim omil bo'ldi. Bu hodisani to'laroq tushunish uchun yadro fizikasining yutuqlari katta ahamiyatga ega bo'ldi. Yadrodagi jarayonlar natijasida 30 dan ortiq turli moddiy va energetik xususiyatga ega bo'lgan zarrachalar yuzaga kelib chiqishi aniqlandi. Yadrodagi nuklonlar (proton va neytronlar) o'zaro yadro kuchlari vositasida bog'langan.

## 2. Radioaktiv yemirilishda kuzatiladigan:



jarayonlari atom murakkab sistema ekanligini asoslovchi omillardir.

3. Yadro nuklonlari orasidagi bog'lanish energiyasi kimyoviy jarayonlarda kuzatiladigan eng katta energetik o'zgarishlardan kamida million martalab kuchlidir. Faqat kimyoviy jarayonlardagina massa saqlanish qonuni o'z kuchini saqlab qoladi.

4. Yadro va elektron pog'onasi tuzilishida umumiylik mavjud; yadrolardagi nuklonlar va yadrodan tashqaridagi elektronlar soni o'zgarib borishida davriylik xususiyati mikrosistemalarni birlashtiruvchi omil bo'ladi.

5. Tartib raqamlari 100—105 bo'lgan elementlar yadrolariga qaraganda 114—116 ta proton tutgan yadrolar birmuncha turg'un bo'lishi kerak degan tezis kelajakda yadro fizikasi sohasida katta yutuqlarni qo'lga kiritishga zamin bo'lishi mumkin.

### Savol va topshiriqlar

- ?
1. Suvdan ajratib olingan vodorodning atom massasi 1,008 bo'lsa, 1 g suv tarkibida nechta deyeriy atomi bo'ladi?
  2. Plutoniyni  $^{239}_{94}\text{Pu}$  ni  $\alpha$ -zarracha bilan bombardimon qilinganda  $^{240}_{96}\text{Cm}$  hosil bo'ladi. Yadro reaksiya tenglamasini tuzing.
  3. Tabiiy magniy izotoplarining massa sonlari 24, 25 va 26 ga teng. Agar ularning massa ulushlari tegishli tartibda 78,60%, 10,11% va 11,29% ni tashkil etsa, magniyning atom massasini hisoblang.
  4. Tabiiy kislorod massa sonlari 16, 17, 18 bo'lgan izotoplardan, vodorod esa massa soni 1 va 2 bo'lgan protiy va deyeriydan tashkil topgan. Shunday zarrachalar qatnashgan suv molekulari necha xil bo'lishi mumkin?
  5. Radioaktiv yemirilish quyidagi sxema bilan ifodalanadi:



Z izotopining massa soni va tartib raqamini aniqlang.

6. Quyidagi reaksiya tenglamalarini yozing:
  - a)  $^{27}_{11}\text{Al}$  ning  $\beta$ -yemirilishi;
  - b)  $^{27}_{11}\text{Al}$  ning  $\alpha$ -yemirilishi;



d)  $^{27}_{13}\text{Al}$  ning neytron bilan bombardimon qilinishida  $\beta$ -zarracha hosil bo'lishi;

e)  $^{211}_{83}\text{Bi}$  dan  $^{207}_{83}\text{Bi}$  ga o'tish reaksiyasi.

## Testlar

1. Massalari 56 bo'lgan xrom va temir izobarlari tarkibidagi neytronlarning massa ulushlarini toping.

A) 0,43 va 0,47 B) 0,54 va 0,56 C) 0,55 va 0,56

D) 0,44 va 0,48 E) 0,54 va 0,57

2. Qo'rg'oshinning qaysi izotoplari tarkibida neytronlarning massa ulushlari 0,60 va 0,61 ga teng?

A)  $^{204}_{82}\text{Pb}$ ,  $^{207}_{82}\text{Pb}$  B)  $^{206}_{82}\text{Pb}$ ,  $^{208}_{82}\text{Pb}$  C)  $^{204}_{82}\text{Pb}$ ,  $^{208}_{82}\text{Pb}$

D)  $^{207}_{82}\text{Pb}$ ,  $^{208}_{82}\text{Pb}$  E)  $^{206}_{82}\text{Pb}$ ,  $^{207}_{82}\text{Pb}$

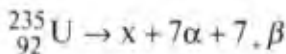
3. Quyidagi elementlarning qaysi birining yadrosi emirilganda  $\alpha$ -zarrachadan tashqari tartib raqami 222 bo'lgan element yadrosi hosil bo'ladi?

A)  $^{223}_{87}\text{Fr}$  B)  $^{227}_{89}\text{Ac}$  C)  $^{209}_{84}\text{Po}$  D)  $^{210}_{85}\text{At}$  E)  $^{226}_{88}\text{Ra}$

4. Neytronlar oqimi bilan  $^{56}_{26}\text{Fe}$  Feyog'dirilganda reaksiya natijasida protonlar va qaysi yangi elementning izotopi hosil bo'lganini aniqlang.

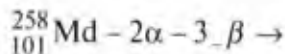
A)  $^{57}_{26}\text{Fe}$  B)  $^{56}_{25}\text{Mn}$  C)  $^{56}_{27}\text{Co}$  D)  $^{55}_{26}\text{Fe}$  E)  $^{58}_{27}\text{Co}$

5. Quyida berilgan reaksiyaga tenglamasi natijasida qaysi element izotopi hosil bo'ladi?



A)  $^{195}_{78}\text{Pt}$  B)  $^{210}_{85}\text{At}$  C)  $^{207}_{71}\text{Lu}$  D)  $^{257}_{100}\text{Fm}$  E)  $^{207}_{82}\text{Pb}$

6. Reaksiya tenglamasi



natijasida qaysi element yadrosi hosil bo'ladi?

A) uran B) kyuriy C) nobeliy D) fermiy E) kurchatoviy

### III 1. Mikrozarxalarning ba'zi xususiyatlari

Atom tuzilish nazariyasi kvant (to'liqin) mexanikasi qonuniyatlariga asoslangan. Unda energiyaning kvantlanishi, mikrozarxalar (atom, elektronlar) harakatining to'liqin xususiyatiga ega bo'lishi va ularda elektronlarning yadroga nisbatan fazoviy holati ehtimollik nazariyasi asosida ifodalanadi.

Energiya (E)ning kvantlanish xususiyati 1900-yilda M. Plank tomonidan ta'riflandi va 1905-yilda A. Eynshteyn uni asoslab berdi. Energiyaning bir jismdan ikkinchisiga uzatilishi, yutilishi, tarqalishi uzluqli (diskret) holda, ayrim-ayrim kvantlar ishtirokida yuz beradi. Mikrozarxalar energiyasi ham kvantlardan tashkil topgan.

Mikrozarxalarning kvant energiyasi to'liqin tabiatli bo'lgani uchun elektromagnit to'liqin chastotasi ( $\nu$ ) bilan quyidagicha bog'langan:

$$E = h\nu$$

bu yerda  $h$  — Plank doimiysi ( $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ). Bu tenglikka binoan, mikrozarxacha tarqatayotgan yoki yutayotgan nur chastotasi qanchalik katta bo'lsa, kvant energiyasi ham shuncha katta bo'ladi. Har qanday elektromagnit nurlanish (yorug'lik,  $\gamma$ , rentgen nurlari)ning difraksiyasi ularning to'liqin tabiatli ekanligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga elektromagnit to'liqin fotonlar oqimidan iborat. Boshqacha aytganda, har qanday mikrozarxacha harakati to'liqinsimondir. Lui de Broyl (1924-yil) taklifiga binoan, massasi  $m$ , harakat tezligi  $\nu$  bo'lgan mikrozarxachaning to'liqin uzunligi  $\lambda$  quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda = \frac{h}{m\nu}$$

V. Geyzenbergning *noaniqlik prinsipiga* binoan mikrozarxachaning ayni vaqtda fazodagi o'rnini va uning tezligini aniq topish mumkin emas, yoki boshqacha aytganda, zarxacha holati aniq topilganda ham uning tezligini aniqlashda yo'l qo'yilgan xato kattalashadi, va aksincha. Kvant mexanikasining asosiy holatlari (energiyaning kvantlanishi, mikrozarxachaning to'liqin tabiatga ega bo'lishi, ular tezligini va fazodagi holatini bir vaqtning o'zida juda aniq topib bo'lmasligi) asosida elektron yadro atrofidagi fazoning ma'lum hajmida bo'lish ehtimolligi to'g'risida fikr yuritish mumkin.

Elektron harakati to'liqin xususiyatiga ega bo'lganligi sababli kvant mexanikasi uning harakatini to'liqin funksiyasi  $\psi$  yordamida ifodalaydi. Fazoning turli nuqtalarida bu funksiya turli qiymatlarni qabul qiladi. Bu funksiyaning kvadrati —  $\psi^2$  atom yadrosi atrofidagi fazoning ma'lum qismida elektron bo'lish ehtimolligini aks ettiradi.

Elektron yadro atrofidagi fazoni bir tekisda ishg'ol etmaydi, yadroga yaqin masofada elektron bulutining zichligi kam, ma'lum masofagacha elektron bulut zichligi maksimal qiymatgacha ortib boradi (fazoning bu qismlarida elektronning bo'lish ehtimolligi 1 ga intiladi), masofa ortib borishi bilan elektron bulut zichligi yana kamaya boradi. III.1-rasmda vodorod atomida yagona elektron uzoq vaqt davomida bo'lgan holatlari nuqtalar orqali (bulut) va III.2-rasmda 1s-, 2s- va 3s-orbitallarda  $\psi^2 dv$  ning yadro oraliq masofasi ortib borishi bilan bog'lanishi aks ettirilgan.

Har safar atom orbitallarining shaklini bulut zichligi sifatida ifodalash noqulay bo'lganligi sababli, bulut yuzasini uzluksiz chiziq (orbita) bilan ifodalash qabul qilingan.

## **III 2. Kvant sonlar**

To'liqin funksiyasining qabul qiladigan qiymatlarini cheklovchi to'rtta kattalik *kvant sonlar* deb yuritiladi. Bu sonlar vositasida atomdagi elektronlar holatini ifodalash mumkin. Ularni birma-bir ko'rib chiqamiz.

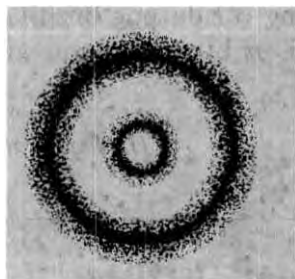
1. *Bosh kvant son* —  $n$  ma'lum tartibda joylashgan energetik pog'onalarining tartib raqamini ifodalaydi va uning qabul qiladigan qiymatlari butun ratsional raqamlar ketma-ketligidan iborat:

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots \infty$$

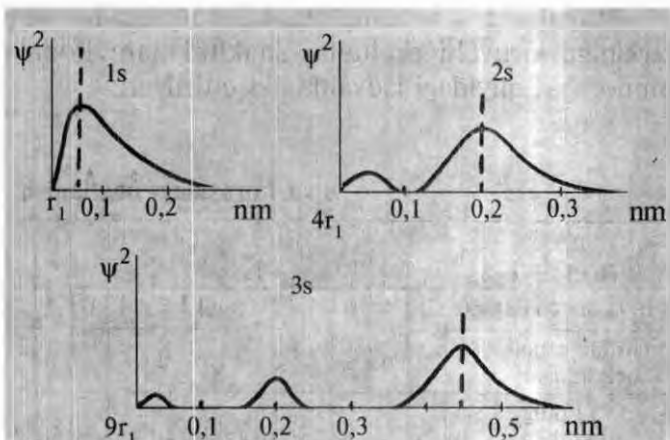
K L M N O P

Atomdagi elektronlar bosh kvant soni bilan xarakterlanadi va u energetik pog'ona deb yuritiladi (energetik pog'onalar, ularning raqam va lotin alifbosining bosh harflari bilan ifodalanadi).

Elektronlar joylashgan orbitallarning bosh kvant son qiymati ortib borgan sari orbitaldagi elektron bilan yadro orasidagi masofa (atomning orbital radiusi) ortib boradi va shu bilan birga, Kulon qoidasiga binoan, yadro bilan elektronning tortishish energiyasi kamayadi. *Bosh kvant son qiymati qancha kichik bo'lsa, ayni pog'onachalarda elektronlarning yadro bilan bog'lanish energiyasi shuncha katta bo'ladi,  $n$  qiymati ortgan sari elektronning xususiy energiyasi tobora orta boradi.* Yadroga yaqin pog'onada joylashgan elektronni tashqaridan qo'shimcha energiya (tempe-



III. 1-rasm. *Vodorod atomidagi 1s- va 2s-orbitallarining elektron bulutlari zichligining radius ortib borishi bilan koordinata o'qlariga nisbatan joylashishi.*



III. 2-rasm. *Vodorod atomining 1s-, 2s- va 3s-orbitalari uchun radius o'zgarishi bilan elektron bulut zichligi ( $\psi^2$ )ning o'zgarishi.*

ratura, elektr razryad va boshqalar) sarflab, bosh kvant soni kattaroq bo'lgan pog'onalarga (*atomning qo'zg'algan holatiga*) o'tkazish mumkin. Elektron qo'shimcha energiya qabul qilib  $n$  qiymati kattaroq bo'lgan pog'onaga ko'chadi, bunda elektronning xususiy energiyasi ortadi, lekin uning yadro bilan bog'lanish energiyasi kamayadi. Energiya miqdori katta bo'lsa, elektron atomdan chiqib ketadi va ionlangan holatga o'tadi. Yuqori energetik holatga o'tgan elektron bo'sh qolgan kichik raqamli pog'onaga qaytib o'tganda atom oldin yutilgan energiyani yorug'lik nuri ko'rinishida (atom spektrini hosil qilib) atrofga sochadi va shunda elektron asosiy holatga qaytib keladi (qo'zg'algan holatning davom etish davri  $\sim 10^{-8}$  s).

Har bir bosh kvant son (pog'ona) uchun uning qiymatiga teng bo'lgan miqdorda pog'onacha va  $n^2$  qiymatga teng bo'lgan miqdorda orbitalar bo'ladi. Energetik pog'onalarni tashkil etuvchi pog'onachalar, orbitalar xillari va sonlari orbital kvant soni yordamida aniqlanadi.

2. *Orbital kvant son* —  $l$  bosh kvant son bilan quyidagicha bog'langan:

a)  $l$  ning qabul qiladigan qiymatlar soni har bir pog'ona uchun noldan boshlanib, ayni pog'onaning raqam qiymatidan bitta kichik bo'lgan raqamlar oralig'idagi kattaliklar (bosh kvant soniga teng bo'lgan) soniga teng bo'ladi. Pog'onachalar raqamlar bilan, ko'pincha esa lotin alifbosining kichik harflari bilan:

$l=0$  bo'lsa,  $s$  — harfi bilan,

$l=1$  bo'lsa,  $p$  — harfi bilan,

$l=2, 3, 4...$  bo'lganda  $d, f, g$  — harflari bilan ifodalanadi.

Orbital kvant sonning bunday belgilari bir vaqtning o'zida pog'onacha tarkibiga kiruvchi orbitallar shaklini ham ifodalaydi.  $n$  bilan  $l$  orasidagi munosabat quyidagi jadvalda aks ettirilgan:

III.1- jadval

$n$  va  $l$  orasidagi bog'lanish

$n$ (pog'onalar)	1		2			3			4				5					6				
$l$ (pog'onachalar)	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	5	
harflar orqali belgilanishi	s	s	p	s	p	d	s	p	d	f	s	p	d	f	g	s	p	d	f	g	h	
$n$ va $l$ ning birgalikda yozilishi	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	5g	6s	6p	6d	6f	6g	6h	

Bu jadvalda atomlardagi oltita elektron pog'onalar strukturasi keltirilgan.

Bosh kvant sonlari turli bo'lgan  $s$ -pog'onachaga tegishli elektron orbitallarning ko'rinishi markazi yadroda joylashgan konsentrik sfera shaklida (III.1-rasm) bo'lib, bosh kvant sonning qiymati ortib borgan sari unga taalluqli bo'lgan  $s$ -pog'onachaning ko'lami ham ortib boradi, ya'ni elektron buluti zichligi maksimal bo'lgan fazo chegarasi yadrodan uzoqlashib boradi. Pog'onani tashkil etuvchi pog'onachalar *elektron orbitallar* deb yuritiladi. Orbital kvant sonning turli raqamli qiymatlari uchun turli shakldagi orbitallar taalluqli.

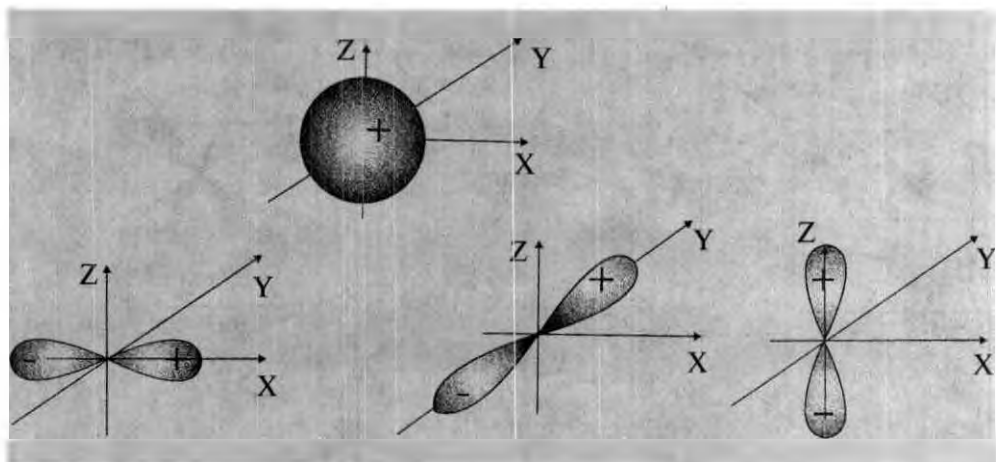
III.3 va III.4- rasmda  $s$ -, 3 xil fazoviy holatdagi  $p$ -orbitallar va 5 xil fazoviy holatdagi  $d$ -orbitallar shakllari keltirilgan.

3. *Magnit kvant son* —  $m$  elektron orbitallarning fazoviy holatini ifodalaydi. Har bir orbital kvant son ( $l$ ) ga tegishli bo'lgan magnit kvant sonning qabul qiladigan qiymatlari soni (boshqacha aytganda, har bir pog'onachalarning necha xil fazoviy holatda bo'lishini aks ettiruvchi raqam)  $m=2l+1$  ga teng bo'ladi, lekin har bir energetik pog'onachalardagi orbitallarga tegishli magnit kvant sonning qiymati  $+l$ ,  $+(l-1)$ , ...,  $0$ , ...,  $-(l-1)$ ,  $-l$  chegarasida bo'ladi; boshqacha aytganda,  $m$  ning maksimal qiymati  $l$  ning musbat va manfiy qiymatiga teng bo'ladi.

III.2- jadval

Orbital va magnit kvant sonlar orasidagi bog'lanish

$l$	0 (s)	1 (p)	2 (d)	3 (f)
$m$	0	+1, 0-1	+2, +1, 0, -1, -2	+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3
grafik tasviri	□	□□□	□□□□□	□□□□□□□



III. 3-rasm.  $s$ -,  $p_x$ -,  $p_y$ - va  $p_z$ -orbitallarning fazoviy shakllari.

Magnit kvant sonning qabul qiladigan qiymatlar soni ayni pog'onachadagi orbitallar soniga teng.  $ns$ -pog'onachalar qaysi pog'onaga taalluqli bo'lmasin, ulardagi  $s$ -orbitallar faqat bitta,  $np$ -pog'onachalarda 3 tadan  $p$ -orbitallar,  $n$ ,  $d$ -pog'onachalarda 5 tadan  $d$ -orbitallar bo'ladi va hokazo.

$p$ -orbitallarning uch xil bo'lishi o'zaro  $90^\circ$  burchak ostida joylashgan fazoviy koordinata o'qlari III.3-rasmda ko'rsatilgan. Xuddi shunday vaziyat  $d$ - va  $f$ -orbitallarga ham taalluqli ( $d$ -orbitallarning fazoviy holatlari ham shu rasmda keltirilgan).

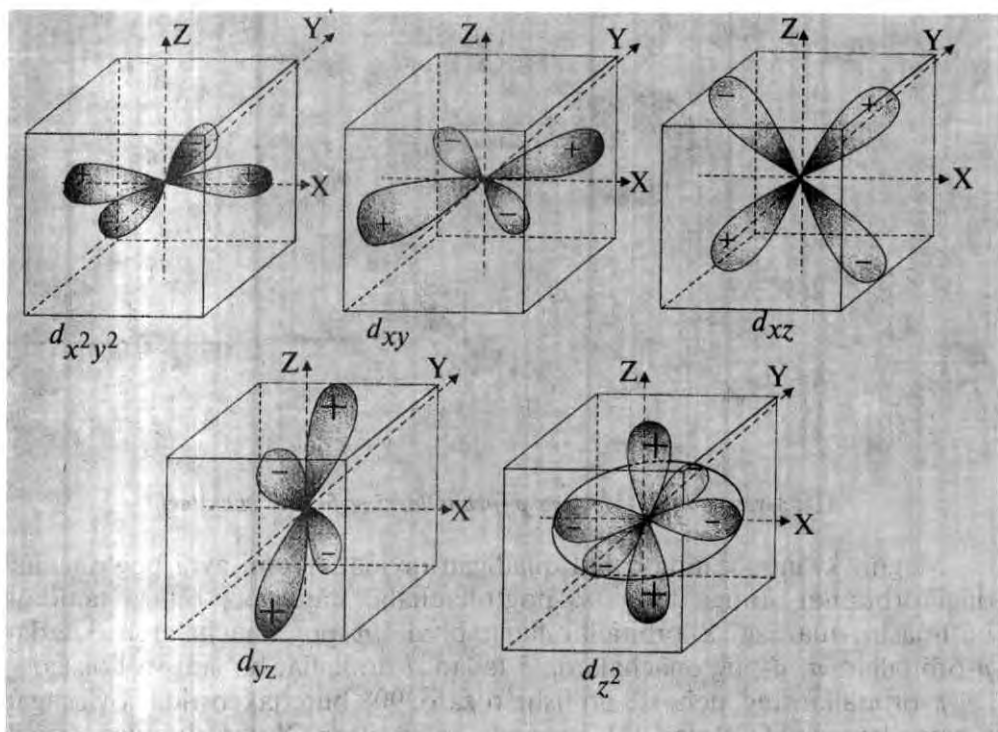
Har bir qobiqchada qancha orbital bo'lmasin, ular bir-biridan faqat fazoviy holati jihatidan farq qiladi, ularning energetik farqlari yo'q. Atomdagi elektronlarning energetik farqlari faqat  $n$ - va  $l$ -qiymatlar orqali yuzaga kelib chiqadi.

Yuqorida uchta kvant soni yordamida atomdagi elektronlarning yadrodan qanday uzoqlikda va qanday energetik xususiyatga ega bo'lishini ( $n$ ), elektron harakat qiladigan orbitallarning xillari va sonlarini ( $l$ ), shu orbitallarning fazoviy holatlari qanday ekanligini aks ettiruvchi ( $m$ ) kvant sonlarni ko'rib chiqdik. Ularning hammasi faqat elektron orbitallarni tavsiflovchi kattaliklardir, ular elektronlarga xos xususiyatlarni aks ettirmaydi. Bu xususiyatlar to'rtinchi kvant son — *spin* kvant son orqali ifodalanadi.

4. *Spin kvant son* —  $s$ -elektronning o'z o'qi atrofida aylanishini ifodalaydi.

Elektronning shaxsiy harakat momenti miqdorining tanlangan o'qqa bo'lgan proeksiyasi *spin kvant son* deb ataladi.

Spin kvant sonining qiymati faqat ikki xil  $+1/2$  yoki  $-1/2$  bo'lishi mumkin, bu holat qarama-qarshi yo'nalgan strelka  $\uparrow$  yoki  $\downarrow$  yordamida ifodalanadi.



III. 4-rasm. Besh xil  $d$ -orbitallarning koordinat o'qlariga nisbatan joylashishi.

Agar ikkita elektronning spini bir yo'nalishda bo'lsa, ular parallel spinli, qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'lsa, antiparallel spinli elektronlar bo'ladi. Elektron joylashadigan atom orbitallarni yacheykalar —  $\square$  ( $s$ -orbital),  $\square\square$  ( $p$ -orbitallar),  $\square\square\square\square$  ( $d$ -orbitallar) ko'rinishida yoki ba'zan gorizontaal chiziqlar —, ——— va ——— ko'rinishida ham tasvirlanadi. Ya'ni, agar har bir orbitalda bittadan elektron bo'lsa, yuqoridagi  $s$ -,  $p$ - va  $d$ -orbital quyidagicha tasvirlanadi (yarim to'lgan orbitallar holdida):  $\uparrow$ ,  $\uparrow\uparrow$  va  $\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$  ular uchun to'la to'lgan vaziyat uchun  $\uparrow\downarrow$ ,  $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$  da bo'ladi.

### III 3. Pauli prinsipi

Pauli prinsipiga binoan *atomda to'rtala kvant soni bir xil bo'lgan ikkita elektron bo'lishi mumkin emas.*

Har bir atom orbitalda uchta kvant son —  $n$ ,  $l$  va  $m$  qiymatlari bir xil kattalikka ega bo'lishi mumkin. Shunday holda bir orbitalda (yacheykada)

**Atomlardagi pog'ona, pog'onacha va orbitallar hamda ulardagi elektronlar soni**

Davr va energetik pog'ona tartib raqami, $n$	Energetik pog'onalar		Orbitallar soni $n^2$		Elektronlarning maksimal soni, $2n^2$	
	Soni	Belgisi	Pog'onachalarda	Pog'onachalarda	Pog'onachalarda	Pog'onachalarda
1(K)	1	1s	1	1	2	2
2(L)	2	2s	1	4	2	8
		2p	3		6	
3(M)	3	3s	1	9	2	18
		3p	3		6	
		3d	5		10	
4(N)	4	4s	1	16	2	32
		4p	3		6	
		4d	5		10	
		4f	7		14	
5(O)	5	5s	1	25	2	50
		5p	3		6	
		5d	5		10	
		5f	7		14	
		5g	9		18	

antiparallel spinlarga ega bo'lgan faqat ikkita elektron bo'lishi mumkin, bunda ikkala elektronning spin kvant soni turli ishorali bo'lishi kerak. Pauli prinsipiga binoan bir yacheykada uchta elektron bo'lishi mumkin emas. Demak, yacheykada yagona elektron bo'lsa, yuqorida yozilgani kabi *s*-qobiqchada bitta, *p*-qobiqchada 3 ta va *d*-qobiqchada 5 ta elektron bo'ladi, bu pog'onachalar *yarim to'lgan pog'onachalar*, har birida ikkitadan qarama-qarshi spinli elektron joylashsa, bunday pog'onachalar *to'lgan pog'onachalar* deb ataladi. Elektroni bo'lmagan pog'onachalar va orbitallar vakant (bo'sh) holat deb ataladi.

Elektron pog'onaning bosh kvant son qiymati ortib borishi natijasida undagi pog'onachalar miqdori ham ko'paya boradi va shu bilan birga pog'onalarining har biridagi elektronlar soni ham ortib boradi. Bu holat bosh kvant son  $n$  orqali quyidagicha ifodalanadi:

$n^2$  — pog'onalaridagi orbitallar soni,

$N_e = 2n^2$  — pog'onalaridagi elektronlar soni.

III.3-jadvalda D. I. Mendeleyev sistemasining davrlar, energetik pog'onalar, pog'onacha va pog'onalaridagi elektronlar soni orasidagi bog'lanishi aks ettirilgan.

Pog'onachalarda elektronlarning to'lib borish tartibi V. M. Klechkovskiy (1900—1972) qoidasi asosida aniqlanadi.



### III 4. Klechkovskiy qoidasi

Energetik pog'onachalarning elektronlar bilan to'lib borish tartibi bosh va orbital kvant sonlar yig'indisi orqali ifodalanadi.

*Elektron pog'onachalarning elektronlar bilan to'lib borish ketma-ketligi ularning bosh va orbital kvant sonlar yig'indisi  $(n+l)$  qiymati ortib borish tartibida bo'ladi.*

*Agar bir necha pog'onacha uchun  $n$  va  $l$  qiymatlari yig'indisi bir xil bo'lsa, bunday pog'onachalar chegarasida elektronlar joylashishi bosh kvant sonining ortib borishi tartibida bo'ladi.*

Klechkovskiy qoidasiga ko'ra quyidagi 6 ta energetik pog'onaning pog'onachalarida  $n+l$  qiymatining o'zgarib borishini aks ettiramiz:

Pog'ona va pog'onachalar	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	5g	6s	6p	6d	6f	6g	6h
$(n+l)$	1	2	3	3	4	5	4	5	6	7	5	6	7	8	9	6	7	8	9	10	11

Pog'onachalarda elektronlarning joylashish tartibi quyidagicha bo'ladi (7-pog'onani ham hisobga olgan holda):

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d ...

Energetik pog'onachalari to'lib borish qatorining grafik ko'rinishi III.5-rasmda aks ettirilgan.

Yuqorida keltirilgan qatorda 3d-pog'onachadan oldin 4s-pog'onacha elektronga to'lib borishi kerak va bunday vaziyatni 5s-, 6s- va 7s- pog'onachalar ham takrorlaydi.

Davrlar	Pog'onachalar	Qobiqchalardagi orbitallar soni	Elektronlarning maksimal soni $N=2n^2$
I	1s	1	2
II	2s, 2p	1+3	8
III	3s, 3p	1+3	8
IV	4s, 3d, 4p	1+5+3	18
V	5s, 4d, 5p	1+5+3	18
VI	6s, 4f, 5d, 6p	1+7+5+3	32
VII	7s, 5f, 6d, 7p	1+7+5+3	tugallanmagan davr

Bu qatordan har bir davrni tashkil etuvchi elementlardagi elektron qobiqchalar tarkibi ko'rinib turadi.

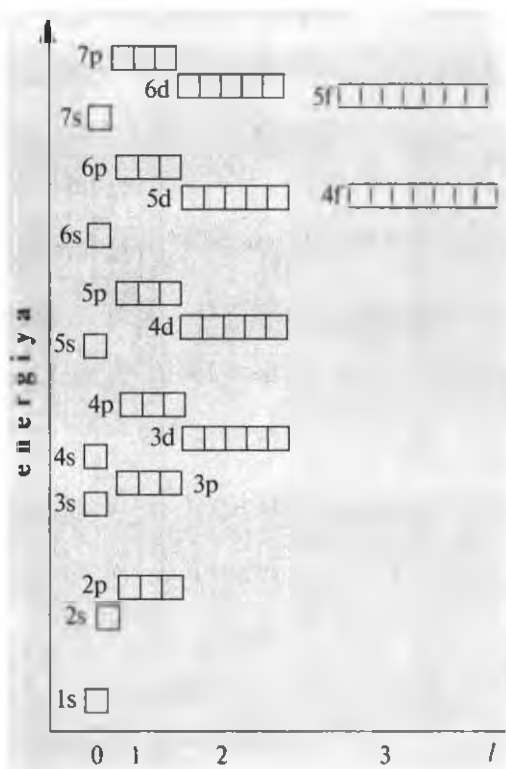
Keltirilgan davrlar tarkibiga kiruvchi pog'onachalar davriy sistema strukturasi belgilaydi. 1-davrga o'xshash boshqa o'ta kichik davr siste-

mada yo'q; 2- va 3-davrlar to'rtta orbitalli bo'lib, ularda ko'pi bilan 8 tadan elektron joylashishi mumkin va bu jihatdan ular o'zaro o'xshash, ular kichik davrlar qatoriga kiradi.

4- va 5-davrlarda pog'onachalar soni bir xil bo'lib, ular katta davrlar hisoblanadi, ulardagi elektronlar soni 18 tadan bo'ladi.

Qolgan 6- va 7- davrlar strukturasi haqidagi ma'lumotlarni yuqorida keltirilgan jadvaldan topish mumkin.

Elektron orbitallarida ( $s$ ,  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$  va shularga o'xshashlarda) elektronlar joylashish tartibini Pauli prinsipi, ularning qobiqchalarda joylashish tartibini Klechkovskiy qoidasi, har bir ko'p holatli pog'onachalar ( $p$ -,  $d$ - va  $f$ -pog'onachalari nazarda tutiladi)ning o'zida joylashish tartibini Gund qoidasi asosida amalga oshirish kerak.



III. 5-rasm. Energetik pog'onachalarning to'lib borish tartibi.

### III 5. Gund qoidasi

Gund qoidasiga binoan *atomda elektron spinlar yig'indisi maksimal qiymatga ega bo'lgan holatda atom energetik afzallikka ega bo'ladi*. Pog'onachalarning har bir orbitalida elektronlar toq holda joylashadi (yuqorida aytib o'tilgan yarim to'lgan holatlar hosil bo'lganiga qadar), keyingi joylashadigan elektronlar toq elektronlarni juftlashgan holatga keltiradi va ayni pog'onacha elektronlar bilan to'lib bo'lgandan keyin elektronlar Klechkovskiy qatoridagi keyingi pog'onachalarda joylasha boshlaydi. Sferik shaklli  $s$ -pog'onachalar boshqa turdagi orbitallarning energetik holatiga qaraganda afzalroq bo'ladi. Sferik orbitallar egallagan hajm tejamli bo'lishi natijasida  $(n+1)s$ -orbitallar  $nd$ -pog'onachalardan oldin elektronlar bilan to'lishini Klechkovskiy qoidasi asosida tushuntiriladi.

## II davr elementlarining elektron konfiguratsiyalari

Tartib raqam-lari	Element belgisi	Elektron konfiguratsiyasi	Orbital diagrammasi	Elektron konfiguratsiyaning qisqa ko'rinishi
3	Li	$1s^2s^1$		$[\text{He}] 2s^1$ yoki ... $2s^1$
4	Be	$1s^22s^2$		$[\text{He}] 2s^2$ yoki ... $2s^2$
5	B	$1s^22s^22p^1$		$[\text{He}] 2s^22p^1$ yoki ... $2s^22p^1$
6	C	$1s^22s^22p^2$		$[\text{He}] 2s^22p^2$ yoki ... $2s^22p^2$
7	N	$1s^22s^22p^3$		$[\text{He}] 2s^22p^3$ yoki ... $2s^22p^3$
8	O	$1s^22s^22p^4$		$[\text{He}] 2s^22p^4$ yoki ... $2s^22p^4$
9	F	$1s^22s^22p^5$		$[\text{He}] 2s^22p^5$ yoki ... $2s^22p^5$
10	Ne	$1s^22s^22p^6$		$[\text{He}] 2s^22p^6$ yoki ... $2s^22p^6$

## III davr elementlarining elektron konfiguratsiyalari

Tartib raqam-lari	Ele-ment belgisi	Elektron konfiguratsiyasi	Orbital diagrammasi	Elektron konfiguratsiyaning qisqa ko'rinishi
11	Na	$1s^22s^22p^63s^1$		$[\text{Ne}] 3s$ yoki ... $3s^1$
12	Mg	$1s^22s^22p^63s^2$		$[\text{Ne}] 3s^2$ yoki ... $3s^2$
13	Al	$1s^22s^22p^63s^23p^1$		$[\text{Ne}] 3s^23p^1$ yoki ... $3s^23p^1$
14	Si	$1s^22s^22p^63s^23p^2$		$[\text{Ne}] 3s^23p^2$ yoki ... $3s^23p^2$
15	P	$1s^22s^22p^63s^23p^3$		$[\text{Ne}] 3s^23p^3$ yoki ... $3s^23p^3$
16	S	$1s^22s^22p^63s^23p^4$		$[\text{Ne}] 3s^23p^4$ yoki ... $3s^23p^4$
17	Cl	$1s^22s^22p^63s^23p^5$		$[\text{Ne}] 3s^23p^5$ yoki ... $3s^23p^5$
18	Ar	$1s^22s^22p^63s^23p^6$		$[\text{Ne}] 3s^23p^6$ yoki ... $3s^23p^6$

Quyida Davriy sistemadagi 1—4-davr elementlarining asosiy holatlari uchun *elektron konfiguratsiyalari* va orbital diagrammalari keltirilgan.

III.5-rasmda keltirilgan grafikdagi elektronlarning pog'onachalarda to'lib borish tartibi Klechkovskiy qoidasi ham ayrim elementlarning atom orbitalarida kuzatiladigan holatlarni aks ettirmaydi. Masalan, 24-element xromning elektron konfiguratsiyasi  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^4$  bo'lishi kerak edi. Bu atomning  $3d$ -pog'onachasida 4 ta elektron toq holda bo'lib, unda 5 ta orbital yarim to'lishi uchun 1 ta elektron yetmaydi. Yarim yoki to'la to'lgan  $p$ - va  $d$ -orbitallar energetik jihatdan turg'un bo'ladi. Shu sababli  $4s$ -elektronning bittasi  $3d$ -pog'onachaga ko'chib o'tadi va valent pog'onaning elektron konfiguratsiyasi  $4s^1 3d^5$  va undagi toq elektronlar soni 6 ta bo'ladi, bu jihatdan Gund qoidasi ham bunday elektron tuzilish turg'unroq bo'lishini anglatadi. 4-davr elementlaridan yana biri —

#### IV davr elementlarining elektron konfiguratsiyalari

Tartib raqam-lari	Element belgisi	Elektron konfiguratsiyasi	Orbital diagrammasi
19	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	
20	Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	
21	Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$	
22	Ti	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$	
23	V	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$	
24	Cr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$	
25	Mn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$	
26	Fe	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$	
27	Co	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$	
28	Ni	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$	
29	Cu	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$	
30	Zn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$	
31	Ga	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$	
32	Ge	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$	
33	As	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$	
34	Se	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$	
35	Br	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$	
36	Kr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$	

tartib raqami 29 bo'lgan mis elementi atomida  $3d$ -pog'onachasi to'la to'lishi uchun bitta  $4s$ -elektron  $3d$ -pog'onachaga o'tadi va ...  $4s^23d^9$  o'rniga ...  $4s^13d^{10}$  holat yuzaga kelib chiqadi. Davriy sistemada shunday vaziyatlar yana 8 ta  $d$ -element atomlarida kuzatiladi.

Elementlarning valentligini namoyon qilishda bosh gruppacha elementlarida barcha tashqi pog'ona ( $s$ - va  $p$ -pog'onachalar) elektronlari qatnashadi (2-davrning V—VII gruppasidagi elementlardan tashqari) 2 davr elementlarida juft elektronga ega bo'lgan konfiguratsiyali elementlarda maksimal valentlik tashqi valent qobig'idagi orbitallar sonidan katta bo'la olmaydi (azotning 5 ta elektroni bo'lsa ham uning kovalentligi 4 ta toq elektron orqali amalga oshadi, kislorodning eng yuqori valentligi 4 dan ortmaydi, tabiatda fluor atomidan elektron tortib oluvchi element yo'q ekanligi tufayli bu element faqat elektron qabul qila oladi, uning valentligi faqat birga teng).

Davriy jadvaldagi *oralig'*  $d$ -elementlar valentligi  $ns$ - va  $(n-1)d$ - pog'onachadagi elektronlari hisobiga yuzaga kelib chiqadi. Agar  $d$ -pog'onachadagi elektronlar soni 10 ta va  $s$ - orbitaldagi elektronlari 2 ta bo'lsa (Zn, Cd va Hg lar),  $d$ -orbitallar valent holatni amalga oshirishda qatnashmaydi. Umuman olganda,  $ns$ - va  $(n-1)d$ -pog'onachalarda  $d^{10}$ - va  $s^1$ -bo'lgan holda ham  $d$ -orbitallar elektronlari valentlikni namoyon qilishda qatnashadi (Cu, Ag va Au elementlari bunga misol bo'la oladi).

## Xulosalar

1. Elektronning to'lqin xususiyatga ega bo'lishini ularning yupqa qavatli metall qatlami orqali o'tishida (difraksiya hodisasi) tasdiqlandi. Bunday dualistik xususiyat barcha mikrozarrachalar uchun xos. Massasi katta bo'lgan jismlarda korpuskular xususiyatlar ustun bo'lgani sababli ularda to'lqin xususiyat sezilarli bo'lmaydi.

2. Mikrozarrachalar harakati to'lqin tenglamasi asosida tavsiflanadi. Bu tenglamaning yechimlari to'lqin funksiyasi deb ataladi. Uning kvadrati elektronni yadro atrofidagi fazoning  $x$ ,  $y$ ,  $z$  koordinatlarida bo'lish ehtimolligini aks ettiradi. To'lqin funksiyasining vodorod atomi uchun yechimi va uning diskret energetik pog'onalari aniqlanadi, shunday yechimga ega bo'lgan to'lqin funksiyalari orbitallar deb ataladi.

3. To'lqin funksiyasining yechimi uchta kvant son: bosh kvant son ( $n$ ), orbital kvant son ( $l$ ) va magnit kvant son ( $m$ ) orqali ifodalandi.

4. Uchta kvant son elektron orbitallarni tavsiflansa, to'rtinchi (spin) kvant son faqat elektronning xossasini tavsiflaydi. Hamma kvant sonlar

<sup>1</sup> «Oraliq» so'zi davriy sistemada bu elementlar  $ns$ - va  $np$ -elementlari oralig'ida joylashganligini anglatadi.

kattaligi o'zlarining qo'shnilari qiymatidan  $\pm 1$  ga farq qiladi ( $\Delta n = \pm 1$ ,  $\Delta l = \pm 1$ ,  $\Delta m = \pm 1$ ,  $\Delta s = \pm 1$  ga teng bo'ladi).

5. Atom orbitallari (1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 3p va hokazo)dagi elektronlar soni ortib borishda Pauli prinsipiga va Gund qoidasiga amal qilib, ular asosida barcha atomlarning elektron orbital tuzilishining asosiy holatini keltirib chiqarish mumkin.  $s$ -,  $p_x$ ,  $p_y$ - va  $p_z$ -orbitallarda energetik pog'onalarining 8 ta elektronlar bilan to'lishi natijasida turg'un sistemalar paydo bo'lishi davriy qaytarilar ekan. Shunday  $p$ -orbitallar batamom to'lganda davr tugallanadi va yangi davr elementlarida yangi energetik  $s$ -pog'onachalar elektronlar bilan ishg'ol etila boshlaydi.

6. Davriy sistema murakkab tuzilishga ega bo'lishining sababi atomlarda energetik pog'onalarining ketma-ketligi va  $d$ -hamda  $f$ -orbitallarning elektronlar bilan to'lib borishdagi o'ziga xosligi kelib chiqadi. Har bir davrdagi tipik elementlarda  $ns$ - va  $np$ -orbitallar elektronlar bilan ishg'ol etiladi. Bunday elementlar IA (valent qobig'i  $ns^1$ -bo'lgan ishqoriy metallar), IIA ( $ns^2$  - ishqoriy-yer metallari), IIIA (bor elementi oilasi,  $ns^2np^1$ ), IVA (uglerod elementi oilasi,  $ns^2np^2$ ), VA (azot oilasi,  $ns^2np^3$ ), VIA (kislrorod oilasi,  $ns^2np^4$ ) va VIIA (galogenlar oilasi,  $ns^2np^5$ ) gruppachalarda joylashgan. Oxirgi VIIIA gruppada elementlarini nodir gazlar deb atalgan, ular  $ns^2np^6$  - konfiguratsiyaga ega bo'lgan elementlardir.

7. Atomlarning kimyoviy xossalarini namoyon qilishda faqat  $ns$ -,  $np$ - va  $(n-1)d$ -pog'onachalardan elektronlar qatnashadi. Bunday elementlarda  $s$ -oila a'zolari faqat (1-davr elementlari bundan mustasno) metallik xususiyatlarga ega bo'lar ekan.

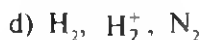
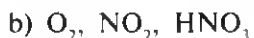
Atomlarning tashqi valent pog'onasidagi  $p$ -elektronlar miqdori ortib borishi bilan davrdagi metallmas xususiyatga ega bo'lgan elementlar soni ham ortib boradi.

$(n-1)d$ - va  $(n-2)f$ -orbitallar  $ns$ -orbitallarga nisbatan yadrodan uzoqroq holatda joylashadi va yadrolarning elementlar xossalariga ta'siri  $s$ -elektronlarnikiga qaraganda zaifroq bo'ladi.  $(n-1)d$ -elektronlar *oraliq elementlarning* kimyoviy xossalarini va ularning valentliklarini  $s$ -,  $p$ -elektronlar bilan birgalikda shakllantirishda qatnashdilar.

33 ta  $d$ -elementlardan 10 tasida elektronlar  $ns$ -pog'onachadan  $(n-1)d$ -pog'onachaga ko'chadi: 1 ta elektron ko'chishi 9 ta elementda ( ${}_{24}\text{Cr}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}_{41}\text{Nb}$ ,  ${}_{42}\text{Mo}$ ,  ${}_{44}\text{Ru}$ ,  ${}_{45}\text{Rh}$ ,  ${}_{47}\text{Ag}$ ,  ${}_{78}\text{Pt}$ ,  ${}_{79}\text{Au}$ ), 2 ta elektron ko'chishi 1 ta elementda ( ${}_{46}\text{Pd}$ ) kuzatiladi. 10 ta elementdan 2 tasida bitta elektron ko'chganda  $d$ -pog'onacha yarim to'ladi ( ${}_{24}\text{Cr}$ ,  ${}_{42}\text{Mo}$ ), 4 ta elementda  $d$ -pog'onachaning elektron bilan to'la to'lgan ( ${}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}_{46}\text{Pd}$ ,  ${}_{47}\text{Ag}$ , va  ${}_{79}\text{Au}$ ) vaziyati yuz bersa, qolgan 4 ta element ( ${}_{41}\text{Nb}$ ,  ${}_{44}\text{Ru}$ ,  ${}_{45}\text{Rh}$  va  ${}_{78}\text{Pt}$ ) da  $d$ -pog'onachalar oxirigacha to'lmay qoladi.



1. Kvant sonlarning qaysilari elektron orbitallarining qanday xususiyatlarini va qaysi kvant son elektronning o'zigagina xos bo'lgan xususiyatini tavsiflaydi?
2. Moddalarning tashqi magnit maydoniga tortilishi yoki itarilishiga qarab, ularning *paramagnit* yoki *diamagnit* xossasi haqida so'z yuritiladi. Molekula tarkibidagi toq elektronlarni hisoblashda ulardan tashkil topgan molekullarning magnit xossasidan foydalaniladi. Quyidagi zarrachalardan qaysilari diamagnit xossaga ega bo'lishi mumkin? Qaysilari esa paramagnit zarracha bo'ladi?



3. Uglerod <sup>12</sup>C dan va uch xil kislorod izotoplari <sup>16</sup>O, <sup>17</sup>O va <sup>18</sup>O dan tashkil topgan uglerod(IV) oksid molekullari soni nechta bo'lishi mumkin?
4. Elementning elektron konfiguratsiyasi ... 3p<sup>3</sup> bilan tugallanadi. Shu element atomi uchun quyidagi topshiriqlarni bajaring:
  - a) elementning davr va grupp tartib raqamlarini aniqlang;
  - b) shu elementdagi juft va toq elektronlar sonini hisoblang;
  - d) elementda nechta elektron pog'ona va pog'onachalar to'lgan?
  - e) 3p-orbitaldan keyin qaysi pog'onachaga elektron joylashishini kutish kerak?
  - f) elementning to'la elektron konfiguratsiyasini yozing va pog'onachalar uchun bosh va orbital kvant son yig'indisi (Klechkovski soni) ketma-ketligini yozing.
5. Davriy sistemadagi qancha elementda (n-1)d-orbitallarga ns-orbital elektronlari «sakrab» o'tadi? Shu elementlar uchun elektron «sakrashi»ni har doim oldindan aniq aytib berish imkoniyati bormi? Shunday hodisa (n-1)f-orbitallardan nd-orbitallarga elektron ko'chishi sizga ma'lummi?

### Testlar

1. Atomning elektron buluti shakli qaysi kvant son(lar) bilan ifodalanadi?

1) bosh; 2) orbital; 3) magnit; 4) spin.

A) 1 B) 1 va 2 C) 2 D) 3 E) 4

2. Atom elektronlarining orbital kvant sonlari 0 va 2 bo'lgan elementning elektron konfiguratsiyasi qanday ko'rinishga ega bo'ladi?

A) 4s<sup>2</sup>3d<sup>1</sup> B) 4s<sup>2</sup> C) 4s<sup>2</sup>3d<sup>2</sup> D) 3d<sup>2</sup>4s<sup>2</sup> E) 4s<sup>2</sup>3d<sup>3</sup>

# IV bob

## D. I. MENDELEYEVNING KIMYOVIY ELEMENTLAR DAVRIY QONUNI VA DAVRIY SISTEMASI

### IV 1. Davriy qonun va davriy sistemaning ahamiyati

Hozirgi vaqtda ba'zi xossalari o'rganilgan va IUPAC qabul qilgan elementlarning soni 109 ta, lekin ularni izchil tartibga soluvchi D. I. Mendeleevning (1834—1907-yillar) davriy qonuni kashf etilgan vaqtda (1869-yil) ular soni 64 ta edi. Elementlarning 109 tasidan faqat 90 tasi tabiatda uchraydi, qolganlari sun'iy usulda yadro reaksiyalari vositasida sintez qilingan.

D. I. Mendeleev elementlarning bir-biriga o'xshamaydigan tabiiy gruppalarini, aniqrog'i, xossalari bir-biriga teskari bo'lganlarini, masalan, galogenlar bilan ishqoriy metallarni (yoki ishqoriy-yer metallarini) o'zaro taqqoslab, atom massalarining qiymatlari o'zgarishiga qarab, elementlar xossalari davriy ravishda o'zgarishini aniqladi.

D. I. Mendeleevning davriy qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

*Kimyoviy elementlar va ular hosil qiladigan sodda va murakkab moddalarning xossalari shu elementlarning atom yadro zaryadi bilan davriy bog'lanishga ega.*

D. I. Mendeleev davriy qonunni yaratishda elementlar atom massalarining ortib borishi asosida tuzgan davriy sistema jadvaliga asoslandi. *Elementlarning davriy sistemasi davriy qonunning grafik tasviridir.*

Bu jadvalning hozirgi vaqtda qo'llaniladigan variantida 10 ta gorizontal qator va 8 ta vertikal gruppaga bo'lib, har bir gruppaga kimyoviy xossalari bir-biriga o'xshash bo'lgan elementlar kiradi.

Davriy jadvalni tuzishda D. I. Mendeleev elementlarning faqat atom massalarigagina tayanib qolmasdan, u elementlarning kimyoviy xossalariga ham jiddiy ahamiyat bergan holda ba'zi elementlarning jadvaldagi o'rnini to'g'ri tanlashga muvaffaq bo'ldi.

D. I. Mendeleevning kimyoviy elementlarning davriy qonuni va davriy sistemasi kimyo fani uchun katta ahamiyatga ega. Agar XIX asrning 70-yillarida D. I. Mendeleev bu qonunga asoslanib bir necha elementlarning topilishini oldindan aytib bergan bo'lsa, XX asrga kelib bu qonun uran elementidan keyin joylashgan og'ir metallarning kimyoviy tabiatini muhokama qilishda yo'l ko'rsatuvchi nazariy asos bo'ldi. Kimyoviy ele-



mentlar xossalari davriy o'zgarish qonuniyati hozirgi zamon kimyosining ba'zi qismlarida (masalan, yarimo'tkazgich xossasiga ega bo'lgan moddalarni sintez qilishda, katalizatorlar tanlashda va hokazo), geokimyoda, koinot va yadro kimyosida juda katta ahamiyatga ega.

Davriy qonunning kashf etilishi atom tuzilishining jadal rivojlanishiga, atomlar tuzilish nazariyasi esa davriy qonunning fizik ma'nosini tushunishga imkon berdi. Davriy sistemada elementlar xossalaridagi o'zgarish qonuniyatlarini o'rganish natijasida element atomlari orasida sodir bo'ladigan kimyoviy bog'lanish muammolarini hal etish imkoniyati yaratildi. Bir necha elementlarning davriy sistemadagi o'rni va xossalari shu qonun asosida batafsil oldindan aytib berildi. Agar davriy qonun asosida faqat atom massasining ortib borish xususiyati yotganda edi, noma'lum elementlarning xossalari oldindan aytib berish mumkin bo'lmas edi. Bu elementlar hali D. I. Mendeleev hayot vaqtidayoq 20 yil davomida noyob minerallar tarkibida topildi. Ular sinchiklab tekshirilganda D. I. Mendeleev bashorat etgan xossalar to'g'ri ekanligi aniqlandi va ular oldindan ko'rsatgan o'rinlariga joylashtirildi.

## IV 2. Davriy sistemaning tuzilishi

D. I. Mendeleev xossalari o'xshash elementlarni *gruppalar*ga, xossalari tipik metallardan to tipik metallmas elementgacha o'zgaradigan elementlar qatorini *davrlarga* birlashtirdi.

Hozir davriy sistemaning bir necha yuzlab shakllari bo'lib, ular orasida faqat bizga tanish bo'lgan turli-tuman jadval ko'rinishidan tashqari geometrik shakllar va egriliklar bilan ifodalangan sistemalar ham mavjud.

Biz keng qo'llab keladigan jadvalda 7 ta davr bo'lib, har bir davr (1-davr faqat ikkita — H va He elementdan tashkil topgan) ishqoriy metallardan boshlanib nodir gaz bilan tugallanadi. 2- va 3-davrlarda (*kichik davrlar*) 8 tadan element joylashgan, 4-, 5- va 6-davrlar *katta davrlar* deb ataladi, 4- va 5-davrlarda 18 tadan element, 6-davrda 32 ta element joylashgan. Oxirgi 7-davr tugallanmagan davr bo'lib, unda hozir 19 ta element mavjud, bu davrning tugallanishi uchun yana 13 ta element yetishmaydi.

Davriy sistema 8 ta gruppaga bo'linib, ularning har biri ikkita — *bosh* (A) va *qo'shimcha* (B) yoki *yonaki* gruppachadan iborat. Har bir gruppachada kimyoviy jihatdan o'xshash elementlar joylashgan. Ko'pchilik bosh va yonaki gruppacha elementlari orasida kimyoviy o'xshashlik mavjud, chunonchi, ularning maksimal oksidlanish darajalari gruppaning tartib raqamiga teng. Shu sababli ular orasida o'xshashlik kuzatiladi.

Vodorod elementining kimyoviy xossalari o'ziga xos bo'lganligi (metallar bilan hosil qilgan birikmalarda galogenlarga o'xshash bo'lsa, metallmaslar bilan hosil qilgan birikmalarda ishqoriy metallarga o'xshaydi) uchun u qat'iy bir gruppaga joylashtirilmaydi.

VIII gruppning yonaki gruppasidagi 9 ta elementning jadvalda joylashish strukturasi boshqa gruppalarning qo'shimcha gruppalari strukturasi-dan farq qiladi. Bu elementlar 2 ta: temir (temir, kobalt va nikel) hamda platina (ruteniy, rodiy, palladiy, osmiy, iridiy va platina) oilalariga bo'linadi.

Elementlar davriy sistemasining fizik ma'nosi asosida va elementlarning tartib raqami ortib borishi tartibida, ularning elektron konfiguratsiyalarining tuzilishidagi davriylik yotadi.

Har qaysi A gruppacha (I va II) (VIII gruppada bitta geliy elementi) elementlar *s*-oila elementlaridan, qolgan III—VIII gruppalarda esa *p*-oila elementlaridan tashkil topgan. Bu elementlarda davr tartib raqamiga teng bo'lgan bosh kvant son (*n*) uchun orbital kvant son  $l=0$  va 1 ga teng bo'lgan pog'onachalari elektronlar bilan to'lib boradi.

Yonaki gruppaga elementlari atomlarida bosh kvant son *n*, davr tartib raqamidan bittaga kichik bo'lgan pog'onalarining orbital kvant soni  $l=2$  va 3 bo'lgan  $\{(n-1)d-$  va  $(n-2)f-$  pog'onachalari elektronlar bilan to'lib boradi. Shu sababli 1—3- davrlarda yonaki gruppaga elementlari yo'q.

Davriy sistemadagi *s*-elementlar (H va He dan tashqari) metall (IA gruppachada ishqoriy metallar, IIA gruppachada ishqoriy-yer metallar) xossasiga ega bo'lsa, *p*-elementlar (III—VIII gruppalarning bosh gruppacha elementlari)ning ko'pchiligi metallmas (ular orasida Al, Ga, In, Ge, Sn, Pb, Se, Bi va Ro lar metallidir). Davrlar bo'yicha *s*- va *p*-elementlarda tashqi pog'onada elektronlar soni ortib borishi tufayli bir elementdan ikkinchi elementga o'tgan sayin kimyoviy xossalarda o'zgarish sezilarli bo'ladi.

*d*-elementlar katta davr a'zolari, ular har bir gruppning yonaki gruppachasini tashkil etadi, ularda  $(n-1)$  bo'lgan *pog'onaning d*-pog'onachalari to'lib boradi. Bu elementlarda tashqi valent pog'onasi ko'pincha  $ns^2$  bo'ladi, shu sababli ularning hammasi metallardir. Elektronlar soni faqat ichki pog'onada o'zgarganligi sababli ularning xossalari keskin o'zgarmaydi.

Jadvaldagi hamma *f*-elementlarda yadro zaryadi ortib borishi bilan tashqi energetik pog'onadan 2 taga kichik bo'lgan ichki pog'onalarining *f*-pog'onachalari elektronlar bilan to'lib boradi (lantanoid va aktinoidlar), lekin tashqi valent pog'onasining konfiguratsiyasi  $ns^2$  bo'ladi, ular bir-biriga o'xshash, ko'pchilik elementlarning oksidlanish darajasi +3 bo'ladi (lantanoidlar lantanga o'xshash, lantan esa III gruppaga elementidir).

Aktinoidlarning lantanoidlardan farqi ancha katta (ayniqsa Np, Pu, Am larning oksidlanish darajasi 7 gacha yetadi,  $Z > 96$  bo'lgan elementlarda oksidlanish darajasi ko'pincha 3 ga teng). Aktinoidlar kimyosi ham to'la o'rganilmagan.

Yuqorida qayd qilingan davriylik hozircha chuqur o'rganilgan emas, chunki davriy sistemadagi elementlar maksimal soni bizga ma'lum emas, bu muammoning hal etilishi  $Z$  qiymati katta bo'lgan elementlarning yadro reaksiyalari asosida sun'iy usulda olish bilan bog'liq, lekin ularning yashash davrlari juda ham qisqa bo'lishi ularni o'rganishni keskin qiyinlashtiradi.

#### IV 3. Elementlar valentligi va davriy sistema

Bosh gruppacha elementlarining tashqi pog'onasidagi elektronlar soni ularning grupp tartib raqamiga teng, bu elektronlar *valent elektronlar* deb ataladi. shu sababli element joylashgan grupp tartib raqami bilan elementning maksimal valentligi orasida uzviy bog'lanish bor, bu valentlik ba'zan *stexiometrik valentlik* deb ham ataladi. Davriy sistemada IA—IIIA gruppacha elementlar atomlarining maksimal valentligi doimo (II atomi uchun past bo'lgan I valentli holati ham ma'lum) grupp tartib raqamiga teng, IV—VII gruppalarining bosh gruppacha elementlari uchun maksimal qiymatdan kichik bo'lgan valentliklari ham ma'lum:

Gruppa	I	II	III	IV	V	VI	VII
Valentlik	1	2	3	4	5	6	7
				2	3	4	5
						2	3
							1

IV—VII gruppalarining elementlaridagi valentliklari bir-biridan 2 birlikka o'zgaradi.

Bosh gruppacha elementlari atomlari kislorod bilan hosil qilgan birikmalarida maksimal valentliklarni namoyon qilsalar, bunday valentlikka vodorod bilan hosil bo'ladigan birikmalarning orasida faqat I—IV gruppaning bosh gruppacha elementlari atomlari ega bo'ladi. V—VII gruppacha bosh gruppachalar elementlari atomlari uchun bunday birikmalarda valentlik 3 dan 1 gacha kamayadi (jadvalga qarang). Bu qonuniyatdan kislorod (ko'pincha ikki valentli) va ftor (doimo bir valentli) chetlashadi. Ilgari inert gaz deb atalgan, hozirda— nodir gazlarning ba'zilari (Kr, Xe, Rn) 8, 6, 4 va 2 valentli birikmalar hosil qilishi aniqlangan.

Yonaki gruppacha elementlari ko'pincha maksimal valentlikni namoyon qilmaydi, ba'zilar esa (masalan, mis, kumush va oltin) grupp tartib raqamidan katta bo'lgan valentlikka ega bo'ladi. Ko'pchilik oraliq elementlar o'zlarining birikmalarida turli-turman kimyoviy xossalarga ega bo'ladi, shu sababli ularning valentliklari ham xilma-xil bo'ladi.

IV.1-jadval

**Bosh gruppacha elementlarining kislorod va vodorod bilan hosil qilgan birikmalaridagi maksimal valentliklari**

Gruppalar tartib raqami	I	II	III	IV	V	VI	VII
Kislorod bilan	1 $\text{Na}_2\text{O}$	2 $\text{MgO}$	3 $\text{Al}_2\text{O}_3$	4 $\text{CO}_2$	5 $\text{P}_2\text{O}_5$	6 $\text{SO}_3$	7 $\text{Cl}_2\text{O}_7$
Vodorod bilan	1 $\text{H}_2\text{S}$	2 $\text{MgH}_2$	3 $\text{AlH}_3$	4 $\text{SiH}_4$	3 $\text{PH}_3$	2 $\text{H}_2\text{S}$	1 $\text{HCl}$

**IV 4. Elementlarning ba'zi fizik xossalari va davriy sistema**

Davriy sistemadagi elementlar, birinchi galda, metall va metallmaslarga bo'linadi. Bu bo'linish nisbiydir, u oddiy moddalarning fizik xossalari (masalan, elektr o'tkazuvchanlikka) asoslangan. Metallar (mis, oltin va boshqalar) elektr tokini yaxshi o'tkazadi, metallmaslar (bor, oltingugurt) dielektrik xususiyatiga ega bo'ladi (lekin, metallmaslar orasida elektr tokini yaxshi o'tkazadigan uglerodning allotropik shakli — grafit mavjud).

*Bosh gruppacha elementlarining tartib raqami ortishi bilan atomlarda metallik xossalari ortib borishi atomlar radiusi va ionlanish energiyasi o'zgarib borishi (IV.2-jadval) bilan bog'liq.*

Davrlarda bosh gruppacha elementlar metallik xossa elementlar tartib raqami ortib borish tartibida kamayadi, metallmaslik xossasi esa ortib boradi.

Xulosa qilib aytganda, davriy sistemada tipik metallmas — fluor, tipik metall — Cs va Fr bo'ladi. Bosh gruppachalarda yuqoridan pastga tushganda elementlarda metallik xossasining ortib borishi natijasida bosh gruppachalarning yuqorisida metallmaslar, pastki qismida metallar joylashadi. Jadvalda bu elementlarni bo'luvchi chegarada Be—Al—Ge—Sb—Po (diagonal ustida joylashgan elementlar atomlari) o'rnashgan, ularda metallik va metallmaslik alomati kuzatiladi, ularning oksidlariga amfoterlik xossa mansub. Shu chegaraga yondashgan elementlarda ham bu hodisani kuzatish mumkin. Bunday elementlar

atomlari ko'pincha metall va metall bo'lmagan shakllar (modifikasiya)da uchraydi. Davriy sistemadagi elementlar atomlarining xossalari bir necha xususiyatlar — atom radiusi, elektronga moyillik, ionlanish potentsiali, elektrmanfiyligi, kislota-asosli xossalari orqali talqin qilish lozim.

1. *Atomlarning radiusi* davriy sistemada bosh gruppacha elementlari atomlari uchun yuqoridan pastga tushish tartibida kattalashadi va davrlarda chapdan o'ngga o'tgan sari kamaya boradi, deb yuqorida qayd etilgan edi.

Shu tartibda elementlar atomlarida valent pog'onaning bosh kvant soni ortib borishi natijasida bosh gruppachada atom radiusi kattalasha boradi, valent elektronlarning yadroga tortilish energiyasi kamaya boradi, atomning elektron berish xususiyati (metallik xossasi) tobora kuchayib boradi.

Davrlarda esa bosh gruppacha elementlari atomlarida valent pog'onalarining bosh kvant soni o'zgarmaydi; lekin shu qobiqdagi elektronlar soni va yadroning musbat zaryadi ortib borishi tufayli element atomlarining radiuslari tobora kamaya boradi.

2. *Ionlanish energiyasi (I) atomning elektronlarini tortib olish uchun kerak bo'lgan minimal energiya miqdoridir.* Bu energiya miqdori ko'pincha elektron-Voltlarda ( $1 \text{ eV} = 23,02 \text{ kkal/mol}$  yoki  $96,32 \text{ kJ/mol}$ ) ifodalanadi.

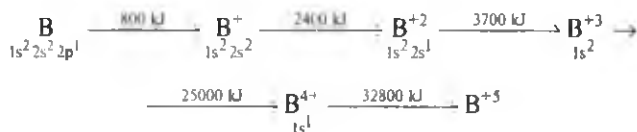
Ayni davrdagi bosh gruppacha elementlar atomlari uchun ionlanish energiyasining ortib borishi, shu tartibda atom radiusi kamayib borishi bilan bog'liq.

Asosiy gruppacha elementlari atomlarida yuqoridan pastga tushish tartibida ionlanish potentsiali kamayib boradi, chunki shu tartibda atom radiuslari kattalashib boradi.

Atom radiuslari va ionlanish potentsiallarining o'zgarishi atomlarning kimyoviy (masalan, oksidlovchilik-qaytaruvchilik, birikmalarining kislota-asosligi) xossalari belgilaydi.

Atomlardan birinchi elektron tortib olinganda elementning musbat zaryadli ioni hosil bo'ladi, ikkinchi elektronni iondan tortib olish uchun birinchi ionlanish potentsialiga qaraganda ancha ko'p energiya talab etiladi ( $I_1 < I_2 < I_3 \dots$ ).

Atomlarning ionlanish energiyalaridagi o'zgarish elektron pog'onasining tuzilishi bilan chambarchas bog'langan. Masalan, elektron konfiguratsiyasi  $1s^2 2s^2 2p^1$  bo'lgan bor atomidagi elektronlarni birma-bir tortib olish uchun sarf bo'ladigan energiyalar qiymatlari quyida keltirilgan:



IV.2-jadval

**D. I. Mendeleyevning kimyoviy elementlarning davriy sistemasidagi ba'zi elementlar atomlarining ionlanish potentsiallari**

Tartib raqami	Element	Ionlanish energiyasi, eV				
		$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$
1	H	13,60	—	—	—	—
2	He	24,58	54,40	—	—	—
3	Li	5,39	75,62	—	—	—
4	Be	9,32	18,21	—	—	—
5	B	8,30	25,15	37,92	—	—
6	C	11,26	24,38	47,86	64,48	—
7	N	14,54	29,61	47,43	77,45	97,86
8	O	13,61	35,15	54,93	77,39	—
9	F	17,42	34,98	62,65	87,23	—
10	Ne	21,56	41,07	64,50	97,16	126,4
11	Na	5,14	47,29	71,65	98,88	—
12	Mg	7,64	15,03	80,12	—	—
13	Al	5,98	18,82	28,44	—	—
14	Si	8,15	16,34	33,46	45,13	—
15	P	10,55	19,65	30,16	51,35	65,01
16	S	10,36	23,4	35,0	47,29	72,5
17	Cl	13,01	23,80	39,90	53,5	67,8
18	Ar	15,76	27,62	40,90	59,79	75,0
19	K	4,34	31,81	46,0	60,90	—
20	Ca	6,11	11,87	51,21	67,0	84,39
24	Cr	6,76	16,5	30,95	50,4	72,8
25	Mn	7,43	15,70	33,69	53,4	75,7
26	Fe	7,90	16,16	30,64	—	—
27	Co	7,86	17,3	33,49	—	—
28	Ni	7,63	18,2	35,16	—	—
29	Cu	7,72	20,34	29,5	—	—
30	Zn	9,39	17,89	40,0	—	—
31	Ga	6,00	20,43	30,6	63,8	—
32	Ge	8,13	15,86	34,07	45,5	93,0
33	As	9,81	20,1	28,0	49,9	62,5
34	Se	9,75	21,3	33,9	42,72	72,8
35	Br	11,84	19,1	25,7	47,3	59,7
36	Kr	14,00	26,4	36,8	52,1	65,9

Oxirgi ikki elektron o'zak elektroni bo'lib, ular yadroga ancha yaqin joylashgan, shu tufayli ionlanish energiyasi (57800 kJ) ikkinchi qobiqdagi uchta elektronni tortib olish uchun kerak bo'ladigan energiya (6900 kJ) dan deyarli 8,5 marta ko'p. Oldingi to'rt elektronni tortib olish uchun sarflangan energiya oxirgi bitta elektronni tortib olish uchun sarflangan energiyadan kamroq ekan.

Tajribada aniqlangan ionlanish energiyalari qiymati atomning elektron konfiguratsiyasini asoslaydi.

3. *Elektronga moyillik (E) — neytral holdagi atomga elektron birikishi natijasida ajralib chiqadigan energiya miqdoridir.* Elektron biriktirib olgan atom anion holiga o'tadi. Elektronga moyillik energiyasi ham odatda eV larda ifodalanadi. Umuman olganda, elektron qabul qilish imkoniyati elementlar atomlarining tashqi valent qobig'idagi elektronlari 4 va undan ko'proq (7 tagacha) bo'lgan hollar uchun ma'lum. Binobarin, metallar o'ziga elektron qabul qilishi qiyin, ular uchun bu energiya deyarli nolga teng. Galogen atomlari orasida ftorning elektronga moyillik energiyasi boshqa atomlarinikidan katta, uning elektronini tortib olishga qodir bo'lgan bironta element yo'q (IV.2-jadval).

Element atomining elektronga moyillik energiyasi qancha katta bo'lsa, bu elementning metallmasligi shuncha kuchli bo'ladi va uning ionlanish potentsiali ham yuqori bo'ladi.

4. *Elementlarning elektrmanfiyligi.* L. Poling 1932-yilda elementlarning muhim xossalardan biri — *elektrmanfiylik (EM)* tushunchasi ta'rifini taklif etdi:

*molekula tarkibidagi atomning o'ziga bog'lovchi elektronni tortish xususiyati uning elektrmanfiyligini aks ettiradi.*

Ilmiy adabiyotlarda hozirgacha 20 dan ortiq turli usullarda hisoblangan EM shkalalari ma'lum. Ulardagi EM qiymati bir xil bo'lmasa ham ularning grupp va davr bo'ylab o'zgarib borish qonuniyati bir-biriga o'xshash.

Gruppachalarda EM qiymati yuqoridan pastga o'tganda va davrlarda o'ngdan chap tomonga o'tishda kamaya boradi. 2-davr elementlarining EM ligi 3- va boshqa davrdagi elementlarning EM qiymati nisbatan ancha keskin farq qiladi, chunki 2-davr elementlarining ko'pchilik xossalari qolgan davr elementlarinikidan sezilarli darajada farq qiladi.

EM qiymati davriy jadvaldagi diagonal yo'nalishdagi elementlar uchun o'zaro juda yaqin qiymatlarga ega bo'ladi. Masalan, C va S, B va As, N va Cl lar o'zaro yaqin EM qiymatlariga ega ekanligini IV.1-rasmdan toping. EM tushunchasi kimyoviy bog'lanish mavzusida keng

qo'llanadi, uning molekuladagi bog'lanish tabiatini izohlashdagi roli muhimdir. Bu qiymatlarga tayangan holda elementlarning birikmalaridagi oksidlanish darajasi aniqlanadi. Elementlar va ular ionlarining oksidlanish-qaytarilish xossalari shu zarrachalarning elektron biriktirish yoki berish xususiyatlari bilan bog'liq. Bu xususiyatlar esa zarrachalarning ionlanish energiyasi va elektronga moyilligi bilan chambarchas bog'langan.

IV.3-jadval

**Ba'zi elementlar atomlarining elektronga moyillik energiyalari**

Tartib raqami	Element	E, eV	Tartib raqami	Element	E, eV
1	H	-0,747	19	K	-0,82
2	He	-0,19	20	Ca	1,93
3	Li	-0,59	21	Sc	0,73
4	Be	0,19	22	Ti	0,39
5	B	-0,33	23	V	0,64
6	C	-1,12	24	Cr	0,98
7	N	-0,21	25	Mn	0,97
8	O	-1,47	26	Fe	0,58
9	F	-3,58	27	Co	0,94
10	Ne	0,57	28	Ni	1,28
11	Na	-0,47	29	Cu	1,23
12	Mg	0,32	30	Zn	-0,09
13	Al	-0,52	31	Ga	-0,39
14	Si	-1,38	32	Ge	-1,74
15	P	-0,80	33	As	-1,07
16	S	-2,08	34	Se	-2,02
17	Cl	-3,76	35	Br	-3,54
18	Ar	0,37	36	Kr	0,42

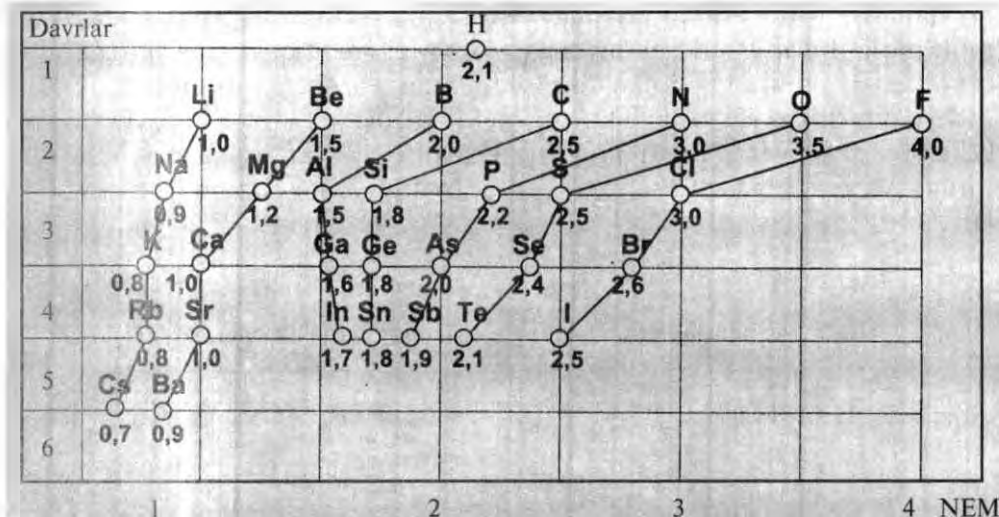
Elementlarning elektrmanfiyliklariga qaraganda bu qiymatning nisbiy kattaligi ko'proq ishlatiladi, chunki bu qiymatlar kichik raqamlar bo'lib, ular xotirada oson saqlanadi.

Nisbiy elektrmanfiylik (NEM) qiymatlari har bir elementning EM qiymati litiy elementining EM ga nisbatidan kelib chiqadi:

$$\chi(e) = X(e) : X(\text{Li})$$

elementlarning ba'zilari uchun NEM lar qiymatlari IV.1-rasmda keltirilgan.





IV. 1-rasm. *Elementlar atomlarining nisbiy elektrmanfiyliklari.*

5. Element *atomlarining oksidlovchi-qaytaruvchi xossalari* atomlarning tashqi valent qobig'idagi elektronlar soni va atom yoki ion radiusi kattaligi bilan bog'langan.

Valentlik haqida so'z borganda quyidagi umumiy xususiyatlar kuzatiladi:

- tashqi valent qobig'ida 1—3 elektroni bo'lgan atomlar faqat qaytaruvchi bo'lishi mumkin, chunki ularning elektron qabul qilishi (vodorod va bordan tashqari) deyarli mumkin emas. Valent qobig'ida 4—7 elektroni bo'lgan elementlar atomlarining elektron qobig'i sakkizta elektronga to'lguncha elektron qabul qilishi mumkin, ya'ni bu elementlar atomlari kimyoviy jarayonlarda ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi bo'lishlari mumkin;

- atom yoki ionlarning radiuslari kamaygan sari elektronlarning yadroga tortilishi kuchayadi va ularning qaytaruvchilik xossalari kamayadi yoki oksidlovchilik xossalari kuchayadi;

- element atomining radiusi kattalashgan sari yuqorida aytib o'tilgan xossalarning teskari holati kuchayadi. Har bir gruppning bosh gruppachalarida yuqoridan pastga tushish tartibida atomlarning qaytaruvchilik xossalari kuchayadi. Davrlarda esa tartib raqami ortishi tartibida radius kichiklashishi natijasida elementlar atomlarining qaytaruvchilik xossasi susayadi, oksidlovchilik xossalari kuchayadi;

- yonaki gruppacha elementlari atomlarining radiusi kattalashishi va yadro zaryadi sezilarli darajada ortishi natijasida qaytaruvchilik xossasining kamayishi yuz beradi, bu esa metallarning kimyoviy aktivligi kamayishiga sabab bo'ladi.

6. *Kislota-asosli xossa* element atomlarida ularning oksidlari orqali aks ettiriladi: agar ular oksidlari bevosita yoki bilvosita asos hosil qilib, kislotalar bilan reaksiyada tuzlar hosil qilsa, bu oksidlar *asosli* xossalarni namoyon etadi. Aks holda, element atomi oksidi *kislotali* xossaga ega bo'ladi.

Davriy sistemadagi ba'zi element atomlarining oksidlari amfoter xossaga ega bo'lishini yuqorida aytib o'tilgan edi.

Ayni bir element atomlarining birikmalarida, valentligiga qarab, asosli xossasi kislotali xarakterga ham o'tib ketishi mumkin. Masalan,  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  tipik asos,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  amfoter xossani,  $\text{H}_2\text{CrO}_4(\text{CrO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$  esa faqat kislotali xossani namoyon qiladi.

Asos hosil qiladigan elementlar davrlarning boshlanishida, kislotali xossalalar esa davr oxirida joylashgan elementlar atomlarining (asosan, yuqori oksidlanish darajasiga ega bo'lgan) oksidlarida amalga oshadi. Oraliq *d*-elementlar metall xossaga ega bo'lishiga qaramasdan, ularning maksimal oksidlanish darajasidagi birikmalarida kuchli kislotali xossa kuzatiladi. Ularning oraliq oksidlanish darajasidagi oksidlari amfoter xossaga ega bo'ladi.

## **IV 5. Davriy sistemadagi ba'zi qonuniyatlar**

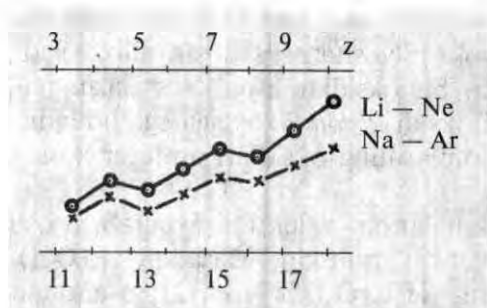
Atomlarning elektron qobiqlari tuzilishi bilan bog'liq bo'lgan fizik va kimyoviy xossalari gruppalar va davrlar bo'ylab ma'lum qonuniyatlar orqali talqin etiladi. Gruppalardagi elementlar ketma-ketligida elektron konfiguratsiyalar o'xshash bo'lishi kuzatilsa ham, ular aynan bir xil emas, qatorida bir element atomidan ikkinchisiga o'tganda ularning xossalari qaytarilibgina kelmay, balki ularning o'xshashlik qatorida o'zgarish ham kuzatiladi.

Quyida davriy sistemada kuzatiladigan ba'zi qonuniyatlarga to'xtalib o'tamiz.

### **1. To'la o'xshash elementlar (V. B. Nekrasov).**

Bunday elementlar atomlarining *turli xildagi oksidlanish darajalarida tashqi elektron pog'onalari bir xil tuzilishga ega bo'ladi*. Bunday elementlar atomlariga kichik davr a'zolari (II gruppada Be va Mg, IV gruppada C va Si), katta davrdagi bosh gruppacha elementlar atomlari Ca, Sr, Ba, Ra va Zn, Cd, Hg lar bo'lsa, IV gruppaga Ge, Sn, Pb va Ti, Zr, Hf lar singari o'xshash atomlar kiradi.

**2. Birinchi xil chala o'xshash elementlar.** *Bunday element atomlarining elektron konfiguratsiyalari faqat ba'zi oksidlanish darajalaridagina (eng yuqori darajadan boshqa hollarda) o'xshash bo'ladi*. Masalan, C, Si hamda Ge, Sn va Pb lar.



IV. 2-rasm. *s- va p-elementlarda diagonal o'xshashlikka doir chizma.*

element atomi (masalan, berilliy) keyingi gruppadagi bir qator pastdagi element (aluminium) xossalari bir-biriga o'xshash (bu elementlar diagonal chiziq ustida joylashgan).

Davr bo'ylab chapdan o'ngga va gruppachalarda pastdan yuqoriga siljib borish tartibida elementlar atomlarining ionlanish potentsiali ortib boradi. Shu sababli diagonal yo'nalishda ionlanish potentsiali yaqin bo'lgan elementlar atomlari joylashgan bo'ladi, bunday elementlar atomlarining ko'pchilik fizik-kimyoviy xossalari o'xshash bo'ladi (masalan,  $\text{Li}^+ - \text{Mg}^{+2} - \text{Ga}^{-3} - \text{Sn}^{+4} - \text{Bi}^{+5}$ ;  $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{+2}$ ;  $\text{Be}^{+2} - \text{Al}^{+3} - \text{Ge}^{+4} - \text{Sb}^{+5}$  lardagi o'zaro o'xshashliklar) (IV.2-rasm).

Ko'pchilik holatlarda bir gruppachadagi juft davr elementlar atomlari o'zaro va toq davr elementlar atomlari ham o'zaro bir-biriga o'xshashliklari ayrim olingan toq va juft davr elementlar atomlari orasidagi o'xshashlikdan kuchliroq ekanligi kuzatiladi. Masalan, P va Sb (toq davr elementlari) bir-biriga, As va Bi (boshqa toq davr elementlari) ning atomlarining o'zaro o'xshashliklari P va As (tegishli toq va juft davr elementlari) yoki Sb va Bi lar o'xshashligidan kuchliroq bo'lishi ko'zga tashlanadi. Bu holatga tegishli misollarni eslatilgan elementlar oksidlari ning hosil bo'lish entalpiyalari qiymatlarini taqqoslash natijasida  $\text{P}_2\text{O}_5$  va  $\text{Sb}_2\text{O}_5$  lar uchun  $\text{As}_2\text{O}_5$  bilan  $\text{Bi}_2\text{O}_5$  larnikidan katta farq qiladi, o'zaro esa bunday farq kuzatilmaydi. Bunga o'xshash holatlarni S va Te, O va Se, F va Br, Cl va I misollarida ko'rish mumkin. S va Te element atomlari bir nechtdan turg'un oksidlar hosil qiladilar ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{TeO}$ ,  $\text{TeO}_2$ ,  $\text{Te}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TeO}_3$ ), selenning yagona ( $\text{SeO}_2$ ) oksidi turg'un. Cl va I elementlar atomlari ko'pgina oksidlar hosil qilsa,  $\text{F}_2$  va  $\text{Br}_2$  atomlarining oksidlarida turg'unlik ancha past.

5. *Ichki davriylik.* Davr bo'yicha element atomlarining ba'zi xossalari *ichki davriylik* deb nomlangan qonuniyat kuzatiladi. 2- va 3-davr elementlari atomlarining ionlanish potentsiallari bilan yadro zaryadi orasi-

3. *Ikkinchi xil chala o'xshash elementlar.* Bu xil elementlar atomning eng yuqori oksidlanish darajalarida bir xil elektron strukturali valent pog'onaga ega bo'ladilar (masalan, kremniy va titan).

4. *Diagonal o'xshashlik.* Bir gruppadagi element atomi qo'shni gruppaning keyingi davrida joylashgan element atomiga o'xshash xossalarni namoyon qiladi. Bir davrning yuqorisida joylashgan s-ele-

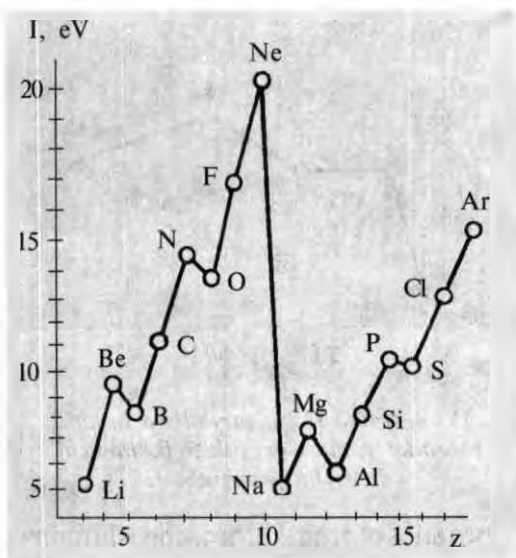
dagi munosabatda **maksimum** va **minimumlar** kuzatiladi. Bu holatni yadro zaryadining elektronlar bilan turlicha to'silishi asosida tushuntiriladi. Yadro zaryadining to'silishi deganda, tashqi valent pog'onasidagi elektronlar bilan yadro orasidagi tortishish kuchini ichki elektron pog'onalardagi elektronlar zaiflashtirishini tushuniladi. O'zak elektron pog'onalar soni ortgan sari bunday to'sish imkoniyati ham kuchaya boradi. IV.3-rasmda Li—Ne va Na—Ar qatorlarida ionlanish potentsialining yadro zaryadlari ortib borishi orasidagi bog'lanish keltirilgan.

Rasmdan ko'rinishicha, Be, N, Mg va P elementlar atomlarining ionlanish potentsiallari B, O, Al va S elementlarinikidan yuqoriroq qiymatga ega. Bor atomining  $2p^1$ -elektronining yadroga tortilishini  $2s^2$ -elektronlar to'sadi va  $2p^1$ -elektron atomdan oson uziladigan bo'ladi. Shu bilan birga, N ( $I=14,5$  eV) dan O ( $I=13,6$  eV) ga o'tganda ionlanish potentsialining kamayishini kislorodning  $p$ -orbitaldagi ikki elektronning o'zaro itarishishi natijasi deb qarash kerak.

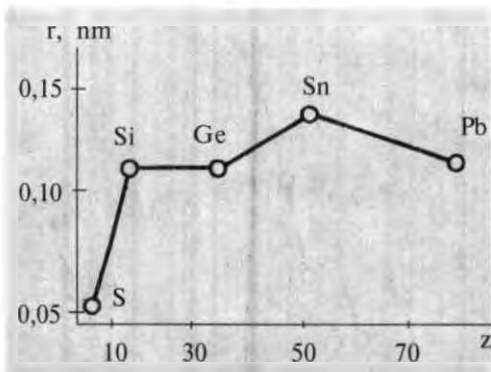
Xulosa qilib aytganda, davrlarda elementdan elementga o'tib borganda atomning yadro zaryadi va elektronlar soni bir me'yorda ortib boradi. Shunga qaramasdan, ikkita davrdagi B va Al larning Be va Mg larga nisbatan ionlanish potentsiallarining kichikligini to'sish effekti tufayli tushuntirish to'g'ri bo'ladi. N dan O ga, hamda P dan S ga o'tganda bitta orbitalda ikkinchi juftlashayotgan elektronlarning paydo bo'lishi natijasida elektronlar o'zaro itarishishining kuchayishi ionlanish potentsialining kamayishiga olib keladi.

**6. Ikkilamchi (vertikal) davriylik.** Bu qonuniyat asosiy gruppacha ( $s$ - va  $p$ -elementlar) a'zolarining xossalari o'zgarishida kuzatiladi. IV.4-rasmda IVA gruppachadagi elementlar qatorida atomlar radiuslarining ortib borish qonuniyati bir tekis o'zgarishiga aks ettirilgan.

Bunday o'zgarishlarning kelib chiqishiga ichki  $d$ - va  $f$ -pog'onachalarning elektronlar bilan to'lib, yadro zaryadining to'silishi natijasida valent elektronlarning yadroga tortilishi zaiflashadi, bu holat fizik xossalarda, faqat radius emas, yana NEM, ionlanish potentsialida kuzatiladi. Bunday



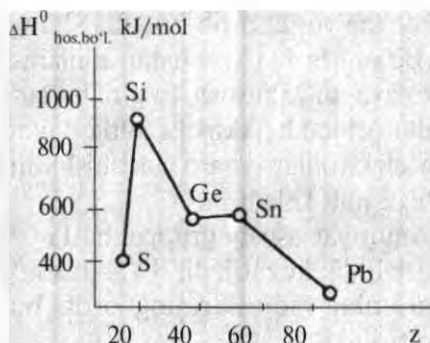
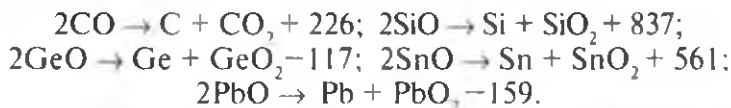
IV. 3-rasm. 2- va 3-davr elementlar atomlarida ionlanish energiyasi bilan yadro zaryadi orasidagi munosabat.



IV. 4-rasm. Yadro zaryadi va tashqi p-orbital radiusi orasidagi ikkilamchi davriylik munosabati.

xlorniki ko'proq, bromning shunday birikmalari ozroq. Bunday hollarda brom fluor xossasini qaytaradi, yod esa xlor xossalarini qaytaradi. Bu misollar elementlar xossalari bir tekis o'zgarishidan, gruppada davriylik mavjudligini namoyon qiladi;

b) IVA—VA—VIA gruppachalar elementlarini kislorodli birikmalarining xossalari ham davriylik xususiyati kuzatiladi. Masalan, IV grupp elementlarining disproporsiyalanish reaksiyalarining issiqlik effekti (kJ birligida) quyidagicha o'zgaradi:



IV. 5-rasm. IVA gruppacha elementlari oksidlarining hosil bo'lish entalpiyasi va elementlarning yadro zaryadi orasidagi ikkilamchi davriylik munosabati.

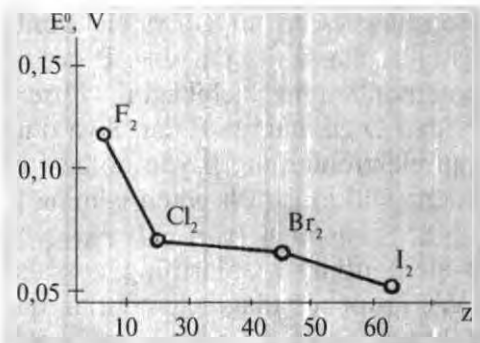
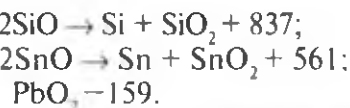
xususiyat faqat IV grupp elementlaridagina emas, u boshqa grupp a'zolarida ham kuzatiladi. Shu xususiyat sababli diagonalda joylashgan elementlar va ular birikmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlarida yaqinlik paydo bo'ladi: Li va Mg, Be va Al, B va Si, Ti va Nb, V va Mo larda o'zaro o'xshashlik mavjud.

Ikkilamchi davriylik elementlarning kimyoviy xossalari ham kuzatiladi:

a) galogenlarning kislorodli birikmalar hosil qilish xususiyatida ikkilamchi davriylik mavjud: fluorning kislorodli birikmalari juda oz.

b) IVA—VA—VIA gruppachalar elementlarini kislorodli birikmalarining xossalari ham davriylik xususiyati kuzatiladi. Masalan, IV grupp elementlarining disproporsiyalanish reaksiyalarining issiqlik effekti (kJ birligida) quyidagicha o'zgaradi:

b) IVA—VA—VIA gruppachalar elementlarini kislorodli birikmalarining xossalari ham davriylik xususiyati kuzatiladi. Masalan, IV grupp elementlarining disproporsiyalanish reaksiyalarining issiqlik effekti (kJ birligida) quyidagicha o'zgaradi:



IV. 6-rasm. Galogenlarning yadro zaryadi va standart elektrod potensiallari orasidagi ikkilamchi davriylik munosabati.

Shu qatordagi elementlar atomlari uchun yuqori oksidlarining hosil bo'lish issiqligining o'zgarishida ham ikkilamchi davriylik qonuniyatini kuzatish mumkin (IV.5-rasm).

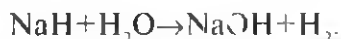
Elementlar atomlarining xossalari kuzatiladigan ikkilamchi davriylik oddiy moddalar xossalari ham kuzatiladi (IV.6-rasm).

## IV 6. Elementlar atomlarining gidridlari va gidroksidlarining xossalari

Siz VIII—IX sinfdagi o'tgan mavzularda elementlar atomlarining vodorod va kislorod bilan hosil qilgan birikmalari bilan tanishgansiz, bunday moddalarning miqdori boshqa mahsulotlardan bir necha marta ko'p. Birikmalarda E—H va E—O bog'lar xususiyatlari moddalarning kislota-asosli xususiyatlarini tushuntirishda katta ahamiyatga ega bo'ladi. Shunday moddalar formulalari va xossalari ularning davriy sistemadagi o'rni bilan bog'liq; ularda kuzatiladigan qonuniyatlar shu elementlar atomlarining faqat H va O li birikmalari bilan chegaralanib qolmasdan boshqa atomlar bilan hosil qilgan mahsulotlar bilan ham ma'lum darajada bog'liq bo'lgani sababli, ular bilan tanishish har tomonlama foydali bo'ladi. Quyida keltiriladigan ma'lumotlar faqat turg'un birikmalar va ularning suvli sharoitda mavjud bo'ladigan hollar bilan cheklanadi.

Vodorodli birikmalarni ( $\text{NaH}$ ,  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{BH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HF}$  va hokazo) umumiy nomi *gidridlar* deb ataladi, kislorodli birikmalar ko'pincha gidroksidlar yoki kislorodli kislotalar holda ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  va hokazo) bo'ladi.

1. *Gidridlarning kimyoviy tabiati* ularni hosil qilgan elementning davriy sistemadagi o'rni bilan ifodalanadi, chunki E—H bog'lanish tabiati undagi E ning NEM qiymati bilan bog'liq. Davr boshlanishidagi elementlarning NEM gi vodorodnikidan kichik bo'lganda (IA va IIA gruppachalardagi ishqoriy va ishqoriy-yer metallar) hosil bo'lgan bog'lanish ionli yoki qutbli kovalent xususiyatga ega bo'ladi, ularda vodorod atomining manfiy zaryad zichligi bog' hosil qilishda qatnashgan metallar NEM lari qiymatining farqiga proporsional bo'ladi. Boshqacha aytganda,  $\text{NaH}$  dagi bog'ning ionli darajasi  $\text{MgH}_2$  nikiga qaraganda yuqoriroq bo'ladi. Ishqoriy metallar gidridlari suyuqlangan holda elektroliz qilinganda katodda ishqoriy metall, anodda esa vodorod ajralib chiqadi. Gidrid ion o'zining ortiqcha elektronini boshqa zarrachalarga berishi natijasida kuchli qaytaruvchi vazifasini bajaradi:



Davrlar bo'ylab o'ng tomonga siljiganda E—H bog'ning ionli xususiyati kamaya boradi (bog'ning qutbliligi kamayadi, masalan,  $BH_3$  dagi bog' tabiati deyarli qutbsiz kovalent xususiyatga ega, chunki B va H ning NEM lari farqi 0,1 ga teng).  $BH_3$  da bog'ning qutblari  $B^+—H^-$  bo'lsa,  $CH_4$  da esa teskari ( $C^-—H^+$ ) vaziyat paydo bo'ladi. Davr oxirigacha siljiganda E—H bog'ining qutbliligi yanada kattalasha boradi. 2-davr elementlarining gidridlarida qutblilik darajasi  $CH_4—NH_3—H_2O—HF$  qatorida ortib boradi. Chunki davrda yadro zaryad qiymati ortib borish tartibida NEM qiymati 2,5 (uglerod) dan 4,1 (flor) gacha ortib borishi sizga ma'lum. Shu qatorda gidridlarning vodorod bog' hosil qilishi natijasida assotsilanish xususiyati ham kuchayib boradi.

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar, asosan, 2-davr elementlari misolida ko'rib o'tildi, lekin bu qonuniyat boshqa davr gidridlari uchun ham tegishli.

Ma'lum bo'lishicha, asosiy gruppacha elementlarida yuqoridan pastga o'tish tartibida metallik xususiyati tobora ortib boradi, shu tartibda elementlarning atom radiuslari ortadi, ionlanish potentsiallari, elektronga moyillik energiyalari kamayadi, shu tufayli ham NEM qiymati kamayadi va natijada gidridlarda bog'ning qutblilik xususiyati kamayib boradi. Masalan,  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$  va  $H_2Te$  qatorida H—E bog' qutbliligi kamaya boradi, lekin bu gidridlarning suvli eritmalarida ularning gaz holdagi molekularida kuzatilmaydigan yangi vaziyat — elektrolitik dissotsilanish xususiyati laboratoriya yoki sanoat sohalarida katta ahamiyatga ega. Yuqoridagi qatorda, dissotsilanish jarayonida erituvchi molekularning  $H^+$  va E gidratlangan ionlar holiga o'tishi gidridlarining bog'lanish energiyasi bilan bog'liq. Ma'lumki, ko'pchilik holatlarda, atomlar oraliq masofasi ortib borgan sari (yuqoridan pastga o'tishda kuzatiladigan vaziyat) bog'lanish energiyasi kamayadi, elektrolitik dissotsilanish osonlashadi. Shu qatorda gidrid hosil qiluvchi  $E^{-n}$  zarrachalarning qaytaruvchilik xossasi ortib boradi ( $H^+$  ioni esa oksidlovchilik xossasiga ega bo'ladi). VIIA gruppacha elementlar atomlarining gidridlarida yuqorida VIA gruppachadagi elementlar atomlarining gidridlariga xos bo'lgan xususiyat yanada keskinlashadi, oksidlanish darajalari — 1 bo'lgan galogen ionlarining radiusi ortib borishi tufayli ularda qaytaruvchilik xossalari (galogen ionlarida) yuqoridan pastga o'tish tartibida kuchayib boradi. Bunday xususiyat HF ning suvli eritmalarida kuzatilmaydi, lekin uning suyuqlanmasini elektroliz qilingandagina fluorid ioni qaytaruvchi bo'lishi mumkin.

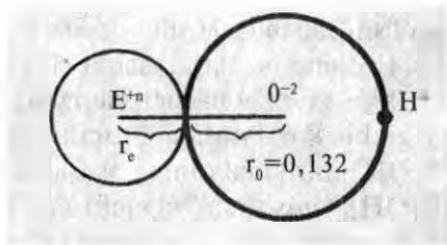
VIA va VIIA gruppachalarning gidridlari suvli eritmada kislotali xususiyatga ega bo'ladi, ularni tegishli element atomining *kislorodsiz kislotalari* deb yuritiladi.

Yuqorida aytib o'tilgan gidridlarga xos bo'lgan xususiyatlar faqat VIA va VIIA gruppacha elementlar atomlarining hosilalaridagina kuzatiladi. IVA va VA gruppacha elementlarida kislotali xususiyat ma'lum emas. Ularda elementlar atomlarining oksidlanish darajalari yuqori ( $-4$  va  $-3$ ) bo'lishi ham ular gidridlarida kislotali xususiyat bo'lmasligini tushuntiradi. IVA gruppachada uglerodning vodorodli birikmalari juda ham ko'p (alkanlar, alkenlar, alkinlar va arenlar), kremniyning shunday birikmalari faqat bir nechta, germaniyning birikmalari ham ko'p emas, qalay uchun ikkita, qo'rg'oshinda faqat bitta juda ham beqaror birikmasi ma'lum. Yuqoridan pastga o'tgan sari bu birikmalarning barqarorligi keskin kamayadi. E—H bog' qutbli xususiyatga ega bo'lganda E radiusi qancha kichik va oksidlanish darajasi qancha katta bo'lsa, H—E bog' energiyasi shuncha yuqorilashadi. Vodorodli birikmalardagi elementning atom radiusi ortganda va oksidlanish darajasi kamayganda kislotali xususiyati kuchayadi.

2. *Element — kislorod -vodorod* atomlari bog'lanishidan hosil bo'lgan moddalar xossalari haqidagi ma'lumotlar kimyo kursida juda ko'p uchraydi. Ular metall va metallmas xususiyatga ega bo'lgan elementlar birikmalarida ko'rib chiqilgan edi. Bu ma'lumotlar asoslar (ishqorlar), amfoter xususiyatga ega bo'lgan gidroksidlar yoki kislorodli kislotalarni birlashtiradi. Bunday birikmalarning xossalarni tushuntirish uchun H—O—E zarrachalari orasidagi munosabatni sxematik ravishda tushuntiruvchi Kossel taklif etgan uslubdan foydalanamiz. Kossel sxemasi IV.7-rasmda keltirilgan, unda aks ettirilgan doiralarda kesimi tegishli ionlar radiusiga mos keladigan sferalar ko'rinishiga ega. Proton, kislorod, va  $E^{+n}$  orasidagi bog'lanish energiyasi ular orasidagi elektrostatik tortishuv kuchlari va suv molekularini kimyoviy ta'siri ostida bo'ladi.

Qutbli suv molekulari qarama-qarshi zaryadli ionlar orasidagi tortishuv kuchlarini vakuumga nisbatan 81 marta zaiflashtiradi. Bu vaziyat  $H^+$ ,  $E^{+n}$ ,  $EO^-$  va  $HO^-$  larning suv molekulari bilan ta'sirlashishi turlicha bo'lishini inobatga olmaganda, Kossel sxemasidan kelib chiqadigan qonuniyatlarni bir gruppachadagi elementlar birikmalariga tatbiq qilinganda o'z kuchini ma'lum darajada saqlab qoladi.

Formulasi HEO bo'lgan moddaning gidratlangan ionlarga dissotsilanishida  $H^+$  va  $EO^-$  (kislotali dissotsilanish),  $HO^- + E^+$  (asos xususiyatiga ega bo'lgan hol), yoki E—O va H—O bog'larning



IV. 7-rasm.  $E^{+n}-O^{2-}-H^+$  sistemasida atomlarning o'zaro ta'sirlashuviga doir chizma.



barqarorligi o'zaro yaqin bo'lsa, modda bir vaqtning o'zida ham kislotali, ham asosli xususiyat (amfoter xossa)ga ega bo'ladi.

Kossel sxemasiga binoan,  $E^{+n}$  ning zaryadi katta va radiusi kichik bo'lgani sari E—O bog'ning mustahkamligi yuqorilashadi. Buning natijasida H—O bog' mustahkamligi kamayadi. Shu sababli  $E^{+n}$  radiusi kamayib, elementning oksidlanish darajasi ortib borishi HOE ning kislotali xususiyatini kuchaytiradi.

Quyida davriy sistemaning asosiy gruppachalaridagi elementlarni shunday birikmalarining kislotasosli va shu elementlarga xos bo'lgan oksidlanish darajasi uchun oksidlovchilik va qaytaruvchilik xossalari jamlab o'tamiz.

I A gruppachadagi elementlar atomlarining qaytaruvchilik xossalari radiusi nisbatan kichikroq bo'lgan litiydan radiusi kattaroq bo'lgan fransiya o'tishi tartibida kuchayib boradi.

Shu gruppachadagi vodorod atomining xususiyatlari (protonning radiusi ishqoriy metallar kationlarinikidan taqqoslab bo'lmaydigan darajada kichikligi) tufayli o'zi birikkan atomning elektron bulutiga singib kirish xususiyati, vodorodning ionlanish energiyasi ishqoriy metallarnikidan kamida uch marta kattaligi, vodorod ionining ishqoriy metallarga o'xshashligi ko'proq suvli eritmalaridagina ko'zga tashlanishi, uning qaytaruvchilik xususiyati faqat yuqori temperaturalaridagina kuzatilishi, uning ko'pgina xossalari galogenlarga o'xshashligi tufayli, uni VIIA gruppacha elementlari qatorida ko'rib chiqish o'rinli bo'ladi.

II A gruppacha elementlari (Ba, Mg, Ca, Sr, Ba va Ra) uchun +2 oksidlanish darajasi xarakterli. Bu elementlar atomlarining qaytaruvchilik xossalari qo'shni IA gruppachadagi metallarnikiga nisbatan sustroq bo'lishi atomlar radiusining kichikroq bo'lishi natijasidir. Shunday bo'lsa ham, ishqoriy-yer elementlari uchun qaytaruvchilik xususiyatlari xos. Gidroksidlarining asosli kuchi biroz kamroq. Berilliy gidroksid amfoter xossaga ega, magniy gidroksid kuchsiz asos (suvda yomon eriydi), kalsiy gidroksid kuchli asos bo'lsa,  $Ba(OH)_2$  juda kuchli ishqoriy xususiyatga ega.

III A gruppacha elementlarining tipik oksidlanish darajasi +3 ga teng bo'lishi sababli ularning formulalari  $E(OH)_3$  bo'ladi.

Borning bu birikmasi kuchsiz kislotasosini namoyon etadi.

Shu gruppachadagi element atomlarining (yuqori oksidlanish darajasi-dagi birikmalaridagi atomlarning ham) radiuslari ortib borgan uchun  $E(OH)_3$  birikmalarining asosli xossalari ham ortib boradi. IIIA gruppachada  $B(OH)_3$  misolida birinchi marta *izopolikislotas* — tarkibida —O—E—O zanjirini tutuvchi moddalar bilan uchrashamiz. Bu element uchun murakkab anionli birikmalar hosil qilish xarakterli.

III A gruppachada borgan o'xshagan boshqa element yo'q. Gruppachada yuqoridan pastga tushish tartibida H—O—E turdagi birikmalardan

$\text{Al}(\text{OH})_3$  va  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  lar amfoter xususiyatga ega, qolganlarida asosli xususiyat juda sust ortib boradi. Bu holat  $\text{B}^{+3}$  va  $\text{Al}^{+3}$  larning valent pog'onalarining strukturasi nodir gazlarnikiga o'xshagani va qolgan  $\text{E}^{+3}$  lar esa 18- elektronli pog'onalarga ega bo'lishi aluminiydan keyingi elementlar radiuslarining kattalashishi sustroq bo'lishini tushuntiradi. IIA va IIIA gruppachadagi  $\text{Be}^{+2}$  va  $\text{Al}^{+3}$  larning ko'pchilik xossalari bir-biriga yaqin, bu davriy sistemadagi *diagonal* o'xshashlikka misol bo'ladi.

IVA gruppacha elementlari (C, Si, Ge va Pb) uchun +2 va +4 oksidlanish darajalar ma'lum. Yuqoridan pastga tushish tartibida +2 oksidlanish darajaga ega bo'lgan birikmalarning turg'unligi ortib boradi, oksidlanish darajasi +4 birikmalar uchun bu xususiyat teskari tartibda o'zgarib boradi. C va Si uchun oksidlanish darajasi +2 bo'lgan birikmalar juda oz ( $\text{CO}$  va  $\text{SiO}$  gina ma'lum), ular uchun +4 bo'lgan birikmalar ko'proq ma'lum.  $\text{Ge}^{+2}$ ,  $\text{Sn}^{+2}$  va  $\text{Pb}^{+2}$  larning gidroksidlari amfoter xususiyatga ega bo'ladi, lekin  $\text{Ge}(\text{OH})_2$  da asosli xossasi kislotalikka qaraganda zaifroq,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  da esa asosli xossasi kislotalikka qaraganda kuchliroq bo'ladi. Gruppachadagi  $\text{Ge}^{+2}$  birikmalari kuchli qaytaruvchi bo'lsa,  $\text{Pb}^{+4}$  birikmalari kuchli oksidlovchi xususiyatiga ega bo'ladi.

$\text{E}^{+4}-\text{O}$  bog'ning mustahkamligi  $\text{E}^{+2}-\text{O}$  nikidan katta, chunki birinchi holdagi ionning radiusi ikki valentli ion radiusidan kichikroq.  $\text{H}_2\text{CO}_3$  kuchsiz kislota xususiyatiga ega, qolgan elementlarning birikmalari  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{H}_2[(\text{Ge}(\text{OH})_6)]$ ,  $\text{H}_2[(\text{Sn}(\text{OH})_6)]$  va  $\text{H}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$  da kislotali xususiyat yanada kamayib boradi (bu kislotalarda markaziy atomlarga koordinatsiyalangan kislorod atomlari soni 3 dan 6 gacha ortib borishi markaziy atom radiusining kattalashib borishi bilan tushuntiriladi). Bu elementlar kislotalari kuchining sust o'zgarib borishi IIIA gruppachadagi kabi, ionlarning tashqi pog'onasining ikki xil bo'lishi orqali yuzaga kelib chiqadi. Bu gruppachadagi  $\text{Si}^{+4}$  ning  $\text{B}^{+3}$  ga o'xshashligi diagonal o'xshashlikka ega bo'lgan elementlar qatorining davomi deb qaraladi.

VA gruppacha elementlari (N, P, As, Sb, Bi) uchun +5, +3 va -3 bo'lgan oksidlanish darajalari xarakterli. Azot uchun oksidlanish darajasi +5 bo'lgan birikmalari turg'unligi fosforning shunday holatdagi birikmalariga nisbatan kamroq. Keyingi elementlarning o'xshash birikmalarida turg'unlik kamayib boradi. Oksidlanish darajalari +5 bo'lgan elementlarning koordinatsion sonlari xuddi IVA gruppachadagi kabi 3 dan 6 ga o'tadi.

Oksidlanish darajalari +3 bo'lgan birikmalar turg'unligi azotdan vismutgacha ortib boradi, ularda asosli xususiyati ham ortib boradi:  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  kislotaligi ustunroq bo'lgan amfoter xususiyatga ega. Undan keyingi  $\text{H}_3\text{SbO}_3$  da amfoterlikda biroz asosli xususiyat ustunroq bo'ladi. Oxirgi

element birikmasi  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  da asosli xossa yaqqol ko'zga tashlanadi. Oraliq oksidlanish darajali  $\text{E}^{+3}$  birikmalar uchun ham oksidlovchilik, ham qaytaruvchilik xususiyatlari xos.

*VIA gruppacha elementlari* (S, Se, Te, Po) uchun xos bo'lgan oksidlanish darajalari  $-2$ ,  $+4$  va  $+6$  ga teng. Shu gruppachadan boshlab ularning vorododli birikmalarida kislota turidagi dissotsilanish xususiyati yuqoridan pastga o'tish tartibida kuchayib boradi ( $\text{E}^{-2}$  radiusi ortib borishi tufayli).

Bu elementlarning oksidlanish darajasi  $+4$  bo'lgan birikmalari  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ — $\text{H}_2\text{SeO}_3$ — $\text{H}_2\text{TeO}_3$  qatorida kislotali xossasining susayib borishi, tellurit kislotasida amfoterlik alomatlari borligi aniqlangan. Ularning birinchisida qaytaruvchilik xossa kuchli, oxirgisida esa oksidlovchi xususiyati ustunroq bo'ladi.

Shu elementlar atomlarining oksidlanish darajasi  $+6$  bo'lgan birikmalari  $\text{H}_2\text{SO}_4$ — $\text{H}_2\text{SeO}_4$ — $\text{H}_6\text{TeO}_6$  qatorining oxirgisida tellur atomi atrofida koordinatsiyalanadigan klorod soni 6 ga yetadi, bu holni ham markaziy atom radiusining  $\text{S}^{+6}$ ,  $\text{Se}^{+6}$ ,  $\text{Te}^{+6}$  qatorida ortib borishi ( $0,030 < 0,042 < < 0,056$  nm) asosida tushuntiriladi. Sulfat va selenat kislotalar taxminan teng kuchli kislotalar bo'lib, oxirgi tellurat kislota juda kuchsiz. Sulfat va selenat kislotalarning oksidlovchilik aktivligi yaxshi, ortotellurat kislota esa ancha passiv.

*VII A gruppacha elementlari* (F, Cl, Br, I va At) kuchli oksidlovchilar bo'lib, ulardan biri — fluor oksidlovchilar orasida eng aktivi hisoblanadi. Bu element atomidan tashqari qolgan hamma galogenlar musbat qiymatli oksidlanish darajasiga ega bo'lgan birikmalari  $\text{H}\overset{+1}{\text{E}}\text{O}$  (gipogalogenit),  $\text{H}\overset{+3}{\text{E}}\text{O}_2$  (galogenit),  $\text{H}\overset{+5}{\text{E}}\text{O}_3$  (galogenat) va  $\text{H}\overset{+7}{\text{E}}\text{O}_4$  (pergalogenat) kislotalari mavjud. Kislotalarning turg'unligi va kuchi, elementlarning oksidlanish darajasi ortib borish tartibida kuchayib boradi.  $\text{HClO}$  kislota eng zaif ( $\text{HIO}$  esa amfoter xossaga ega) kislotalar qatoriga kiradi. Perxlorat kislota esa eng kuchli kislotalardan biridir.

*VIII A gruppacha elementlari* (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) 1962-yilga qadar kimyoviy birikmalar hosil qilishga qodir emas deb hisoblanar edi. Hozir radon va kriptonning bir necha birikmalari, ksenonning juda ko'p (500 dan ortiq) birikmalari olingan. Bu elementlar birikmalarining turg'unligi ksenon — kripton — radon qatorida ortib boradi (ionlanish potentsiali kamayib borish tartibida). Bu elementlar uchun oksidlanish darajalari  $+2$ ,  $+4$ ,  $+6$  va  $+8$  bo'lgan birikmalari ko'proq o'rganilgan. Ulardan  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{KrF}_2$ ,  $\text{XeO}_2$ ,  $\text{XeOF}_2$ ,  $\text{XeO}_3$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeO}_2\text{F}_2$ ,  $\text{XeOF}_4$ ,  $\text{XeF}_6$ ,  $\text{XeO}_4$ ,  $\text{XeO}_3\text{F}_2$ ,  $\text{Na}_4\text{XeO}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  va boshqalarning tuzilishi rentgenostrukturaliz usulida o'rganilgan.

## IV 7. Atom tuzilishi va davriy qonun

Davriy qonun va uning grafik tasviri — davriy sistema elementlar atomlarining tuzilishi bilan uzviy bog'langan. Davriy sistemada tartib raqami element atom yadrosida protonlarning va elektron qobiqlarida elektronlar soni ortib borishini aks ettiradi, bu bog'lanish tartib raqamining fizik ma'nosidir.

Elementlarning davriy sistemadagi o'rni bilan ular atomlarining tuzilishi asosida quyidagi bog'lanish mavjud:

— ayni davr elementlaridagi atomlarda energetik pog'onalar soni bir xil, ularning to'lib borishi davr boshidan oxirigacha davom etadi;

— bosh gruppacha elementlar atomlarining tashqi valent pog'onasida elektronlar soni bir xil bo'ladi;

— *davr tartib raqami* elektron pog'ona sonini, tashqi elektron pog'onaning tartib raqamini, energetik pog'onalar sonini, eng yuqori energetik pog'onaning tartib raqamini va uning bosh kvant sonini anglatadi;

— bosh gruppacha elementlari atomlarining tartib raqami tashqi valent elektronlar sonini, boshqacha aytganda tashqi energetik pog'onadagi elektronlar sonini ko'rsatadi.

Yonaki gruppacha elementlari atomlari uchun grupp tartib raqami bilan tashqi elektronlar soni orasida bunday aniq bog'lanish yo'q, chunki bunday elementlar elektronlari ichki pog'onalarning  $(n-1)d$ - va  $(n-2)f$ -qobiqchalarini to'ldiradi. Shu sababli, ba'zan yonaki gruppachalar elementlari atomlari eng ko'pi bilan ikkita tashqi elektronga ega deyiladi (bundan ba'zi chetlashish hollarida  $s$ -elektron  $d$ -pog'onachaga o'tadi).

Kimyoviy bog'lanish muammolarini tushuntirishda valent elektronlari katta ahamiyatga ega.

### Testlar

1. Nisbiy oksidlanish darajalari bir xil qiymatga ega bo'lgan elementlarni ko'rsating:

1) bor; 2) uglerod; 3) kremniy; 4) azot; 5) oltingugurt; 6) xlor;  
7) yod; 8) brom.

A) 1,3,5 B) 2,4,7 C) 2,5,7 D) 6,7,8 E) 6,7,8

2. Hidroksidlari amfoter xususiyatga ega bo'lgan atomlarni ko'rsating:

1) magniy; 2) aluminiy; 3) bariy; 4) rux; 5) berilliy; 6) xrom(III);  
7) temir(II).

A) 1,2,4,7 B) 2,3,5,6 C) 2,3,4,6 D) 2,4,5,6 E) 2,4,6,7

### V 1. Kimyoviy bog'lanish turlari

Molekulalar tarkibidagi zarrachalar orasidagi tortishuv kuchlari kimyoviy bog'lanish natijasidir. Atomlar orasida elektrostatik tortishuv natijasida molekulalar, ular ishtirokida kristall panjaralar hosil bo'lishi elektronlar tufayli vujudga keladi.

Kimyoviy bog'lanish natijasida hosil bo'ladigan moddalarning umumiy (kinetik va potensial) energiyalarining yig'indisi boshlang'ich moddalarning umumiy energiyasidan kichik bo'lgandagina yangi moddalar hosil bo'ladi.

Har qanday sistema o'zining energiya jamg'armasini kamaytirishga intiladi. Bu vaziyat oddiy moddalardan murakkab sistemalarga o'tishga zamin bo'ladi. Kimyoviy bog'lanish hosil qilish uchun tashqi valent pog'onasidagi elektronlarning yadro bilan bog'lanish energiyasi o'zak elektronlarnikiga nisbatan zaifroq bo'lishi, valent elektronlar bir yadro maydonida bo'lganidan ko'ra ikki (aslida molekuladagi barcha) yadro oralig'ida juftlashgan holatda bo'lishi shu sistemani energetik afzal holatga olib keladi.

Kimyo fanining hozirgi rivojlanish bosqichida kimyoviy elementlar atomlari orasidagi bog'lanish tabiatini talqin etishda ikkita nazariya hukm surib keladi.

Ularning birini *valent bog'lanish nazariyasi* (VBN) deb ataladi. XX asming o'rtalarida paydo bo'lib, molekulalardagi kimyoviy bog' hosil bo'lishini tushuntiruvchi ikkinchi nazariya — *molekular orbitallar* (MO) *nazariyasi* VBN dan ustun turadi.

Bu nazariyaning asoslari bilan o'quvchilar oliy o'quv yurtlari dasturi hajmida keyinchalik tanishadilar.

O'quvchilar VBN ning (u *lokallashgan elektron juftlar uslubi* deb ham ataladi) asosiy holati molekulada kimyoviy bog'lanishni hosil qilishda ikki yadro oralig'ida yangi elektron juft qatnashadi, degan tezis bilan 8—9- sinf hajmida tanishganlar. Yadrolar oralig'ida zarrachalarni o'zaro bog'lab turuvchi yangi elektron juftlar yangi moddaning deyarli hamma xususiyatlarini tushuntirishga imkon beradi. Bu holat VBN yutuqlaridan eng muhimidir.

1915-yilda Kossel tuzsimon moddalarda *ionli bog'lanish* mohiyatini, 1916-yilda Lyuis *kovalent bog'lanish* hosil bo'lishini talqin etdilar.

Quyidagi V.1-jadvalda atomlar orasida hosil bo'ladigan kimyoviy bog'lanishning asosiy turlari (1—3 holatlar) va ularning xususiyatlari (4 va 5 holatlarda) keltirilgan. Unda molekulalar yoki ion va molekulalar orasida hosil bo'ladigan bog'lanishlar haqidagi ma'lumotlar ham aks ettirilgan.

Atomlar, molekular va ionlar orasida hosil bo'ladigan bog'lanishlarning ba'zi xossalari

Bog'lanish turlari	Bog'lanish hosil qiluvchi atomlar xususiyatlari	Elementlar xossalari	Valent pog'ona elektronlari holati	Hosil bo'lgan zarrachalar turlari	Elektr o'tkazuvchanlik	Moddalarga xos xususiyatlar	Molekulalarga xos xususiyatlar	Misollar
1. Kovalent bog'lanish	Metallmas va metallmas	Kuchli elektrmanfiy	Umumlashgan elektron juftlar hosil bo'ladi	Molekulalar	Dielektrik	Suvda yomon, organik erituvchilarda yaxshi eriydi	Kimyoviy bog' yo'naluvchan va to'ynuvchan	$H_2, Cl_2, CO_2, C_6H_6$ , kramal va boshqalar
	Metall va metall	Elektrmusbat	Umumlashgan elektron juftlar	Molekulalar	Yaxshi	Suvda yaxshi eriydi	Asosan ikki atomli molekular hosil qiladilar	$Li_2, Na_2, K_2$ va boshqalar
	Atomlar	O'rtacha elektrmanfiy	Umumlashgan elektron juftlar	Atomlar	Dielektrik yoki yarim o'tkazgich	Juda qattiq, suyuqlanish temperaturasi yuqori, suvda erimaydi	Polimer xususiyatli	Olmos, kremniy, $SiO_2, B$ va boshqalar
2. Donor-akseptor bog'lanish	Bog'lanishda taqsimlangan elektron jufti va vakant orbitali zarracha (ion, molekularlar		Donor atomning taqsimlangan elektron jufti umumlashadi, zarrachalararo qo'shimcha bog'lanish paydo bo'ladi	Kovalent bog' xususiyatli murakkab molekular	—	—		$[BeF_4]^{2-}, [BF_4]^{-}, [NH_4]^{+}, CO, H_2O$ , koordinatsion birlikmalar

3. Ionli bog'lanish	Metall va metallimas	Elektr musbat va elektr-manfiy	Valent elektronlar metall-dan metall-masga o'tadi	Kation va anion	Suyuqlanma holatida tok o'tkazadiz	Tuzsimon, suvda yaxshi eriydi, yaxshi dissotsilanadi	Bog'ga yo'naltuvchanlik va yinuvchanlik xos emas	NaCl, KOH, CaO, K <sub>2</sub> O va hokazo
4. Vodород bog'lanish	Elektrmanfiyligi katta bo'lgan p-element (E) va shunday element bilan bog'langan vodород	3...H <sup>+</sup> (molekulalararo yangi bog')		3...H <sup>+</sup> orasida qo'shimcha quilib bog' hosil bo'ladi	—	Shunday bog' hosil qilgan molekular assotsilanadi		(H <sub>2</sub> O) <sub>n</sub> , (HF) <sub>n</sub> kislotalarning diamerlari va boshqa assotsilangan mahsulotlar
5. Metall bog'lanish	Metallar atomlari	Elektr-musbat	Valent pog'ona elektronlarining umumlashishi	Musbat zaryadli metall ionlari va nisbatan erkin „elektron gaz“	Yaxshi o'tkazadi	Metallarga xos fizik xususiyatlar	—	Metallar va qotishmalar

## V 2. Kimyoviy bog'lanishning ba'zi xususiyatlari

Kimyoviy moddalarning xossalari ular molekularini hosil qilgan bog'lanish xususiyatlari bilan chambarchas bog'liq. Shunday xususiyatlardan eng muhimlari bog'lanishda qatnashgan atomlar orasidagi masofa (*bog' uzunligi*), *bog'lanish energiyasi*, *bog'larning to'yinuvchanligi* va *yo'naluvchanligidir*.

*Bog'lanish uzunligi* — ikki yadro oralig'i 1 nanometrlar ( $\text{nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ) bilan o'lchanadi. Ko'pchilik hollarda bu masofa uzunlashgani sari bog'ning uzilishi osonlashadi. Bog' uzunligi molekularni tashkil etuvchi atomlarning radiuslari bilan bog'liq, ular orasida ma'lum darajada proporsionallik kuzatiladi. Masalan, bu vaziyatni galoidvodorodlar uchun quyidagi ma'lumotlardan ko'rish mumkin:

Molekularlar	HF	HCl	HBr	HI
<i>l, nm</i>	0,092	< 0,128	< 0,142	< 0,162

Bu qatorda bog'lanish hosil qilishda qatnashadigan atomlar — galojenlar joylashgan davr raqami (valent pog'onalar soni) ortib borishi tartibida ular hosil qilgan bog' uzunligi ham ortib boradi. Agar shu qatorda vodorod atomlari o'rniga boshqa elementlar olinsa ham bu qonuniyat saqlanib qoladi:

Bog'lanishlar	C—F	C—Cl	C—Br	C—I
<i>l, nm</i>	0,138	< 0,177	< 0,194	< 0,214

Ikki atomli molekularlarda yadrolarni bog'lovchi elektron juftlar soni ortib borganda yadrolar oralig'idagi fazoda elektron bulutining zichligi ham ortib boradi.

Valentliklari o'zgarmas bo'lgan elementlar, masalan C—C bog'larning turli xil uglevodorodlarda yadrolar orasidagi masofa (*nm*) o'zgarishini quyidagilardan ko'rish mumkin:

alkanlarda	0,154—0,158
aromatik birikmalarda	0,139—0,142
alkenlarda	0,134
alkinlarda	0,120

Bir davrda (elektron pog'onalar soni bir xil) joylashgan atomlardan hosil bo'lgan ikki atomli molekularlar ( $\text{:N} \equiv \text{N:}$ ,  $\text{O} \equiv \text{O}$  va  $\text{:F} - \text{F:}$ ) da yadrolar oralig'idagi elektron juftlar soni kamaya boradi va taqsimlanmagan elektron juftlar soni esa orta boradi. Keltirilgan molekularlarda oraliq



masofaning uzunligi (tegishli tartibda) quyidagicha bo'ladi:  $0,10975 < 0,1207 < 0,1418 \text{ nm}$ . Bog' uzunligining o'zgarishi 1 : 2 : 3 tartibda bo'lmaydi, chunki molekularning tarkibidagi atomlar yadro zaryadlari ortib borishi natijasida atom radiusi qisman kamayishi bilan bog'langan.

Bir davr elementlarining hosil qilgan bog'lovchi elektron juftlar soni (bog'lanish tartibi) bir xil bo'lgan hollardan keltiramiz ( $l, \text{nm}$ ):

Li-H    Be-H    B-H    C-H    N-H    O-H    H-F  
 $0,1595 > 0,1297 > 0,1215 > 0,1120 > 0,1038 > 0,096 > 0,0917$

Bundan ko'rinadiki, davr bo'ylab elementlarning biri uchun atom radiusi qisqarib borishi tufayli bog' uzunligi ham qisqarib boradi.

*Bog'lanish energiyasi* — atomlar orasidagi bog'ni uzish uchun talab etiladigan minimal energiya miqdori bilan o'lchanadi.

Molekulalardagi bog'larni energetik jihatdan tavsiflash uchun ulardagi elektronlar zichligining atomlar orasida taqsimlanishini va elektronlarning energetik sathi haqidagi ma'lumotlarga asoslanish kerak.



*Bog'lanish energiyasi bir mol modda tarkibidagi molekularning bog'larini uzish uchun sarf bo'lgan energiya (kJ/mol) miqdoriga teng.*

Yuqorida atomlar oralig'idagi bog'lar soni ortib borishi bilan bog' uzunligi qisqarib borishini qayd etgan edik. Bunday vaziyatda bog' uzunligi ortib borishi tartibida bog'lanish energiyasi kamayadi, atomlar oralig' masofasi uzunlashadi:

	$:\text{N} \equiv \text{N}:$	$\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{O}}$	$:\ddot{\text{F}} - \ddot{\text{F}}:$
E. kJ/mol	945,3	493,6	155
$l, \text{nm}$	0,110	0,121	0,142

Ko'p atomli molekularlardagi kimyoviy bog'lanish energiyasi molekularning qaysi tarzda zarrachalari uzilishi bilan bog'liq. Bu vaziyatni metan molekulari misolida ko'rib chiqaylik.

Quyidagi jarayonni  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 4\text{H}$  amalga oshirish uchun 1661 kJ/mol energiya sarf etiladi, molekularidagi to'rtala bog' bir xil xususiyatga ega bo'lishi sababli har bir bog'ning uzilishi uchun 415,26 kJ/mol miqdorida energiya talab etiladi.

Lekin, tajribada quyida aks ettirilgan raqamlar qatori olingan:

1-bog' uzilganda	426,77 kJ/mol
2-bog' uzilganda	368,19 kJ/mol
3-bog' uzilganda	518,81 kJ/mol

oxirgi bog' uzilganda 334,72 kJ/mol energiya sarf bo'ladi.

I-bog' uzilishidan oldin  $\text{CH}_4$  molekula  $sp^3$ -gibridlangan atom orbitallaridan tashkil topgan tetraedrik ( $\angle\text{HCH}=109,5^\circ$ ) holatda, undan hosil bo'lgan  $\text{CH}_3$  radikali  $sp^2$ -gibridlangan piramida holatda bo'lishi, har qaysi bog' uzilishida ishtirok etayotgan zarrachalar ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3$  va boshqalar) tabiati o'zgarishi yuqoridagi raqamlar bir xil bo'lmasligi bilan bog'liq.

*Bog'larning to'yinuvchanligi* atomlarning cheklangan miqdordagi bog'lar hosil qilish xususiyatidir. Elementlar atomlarining valent pog'onasidagi hamma elektronlari bog' hosil qilishda (toq elektronlar hisobiga kovalent yoki qutbli kovalent, taqsimlanmagan elektron juftlari donorlik, elektronlar bilan ishg'ol etilmagan orbitallar esa akseptorlik xususiyatlari amalga oshganda) qatnashgandan so'ng element o'zining *to'yinuvchanlik* xususiyatini namoyish qilgan bo'ladi.

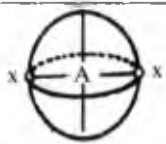



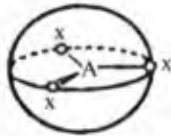

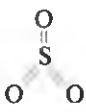

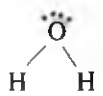

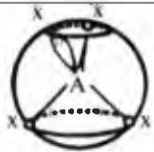
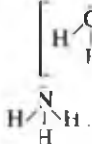

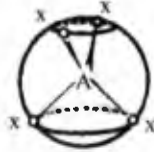
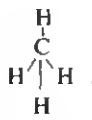
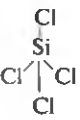
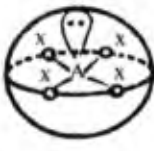
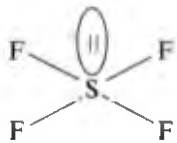
Molekulani tavsiflash maqsadida bog'lanishda qatnashgan elektronlar zichligining atomlar oralig'ida taqsimlanishi va elektronlarning energetik sathi haqidagi ma'lumotga ega bo'lish lozim.

Haqiqatan ham  $\text{H}_2$  yoki  $\text{CH}_2$  tarkibli molekularlar hosil bo'lishi mumkin emas, chunki  $\text{H}_2$  zarrachada ikkita atom yadro oralig'ida umumiy bog'lovchi juft hosil qilgandan (ya'ni yangi ikki yadroli va to'lgan valent pog'onali sistema hosil bo'lgandan) keyin, uchinchi vodorod atomining bitta toq elektroni uch atomli molekulani noturg'un bo'lgan radikal holatiga o'tkazadi, uch atomli sistema energiyasini yuqorilashtiradi. Shu bilan birga bunday molekula hosil bo'lishida hech qanday energetik yutuq kuzatilmaydi.

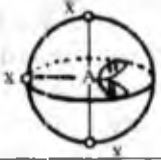
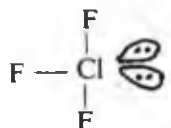

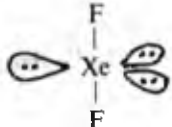

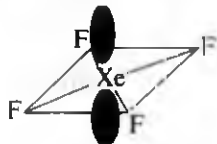

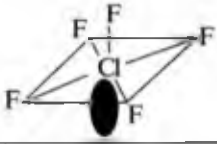


Metan molekulasi hosil bo'lishida uglerod atomining to'rtala elektroni 4 ta  $\sigma$ -bog' hosil qilishda qatnashib bo'ldi, uglerod atomi elektronlar bilan oktet pog'ona hosil qilib to'yingan holatda minimal energetik vaziyatga o'tgan.

*Bog'larning yo'naluvchanligi* ularni hosil qilishda ishtirok etadigan  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - va  $f$ -orbitallar ishtirokida  $\sigma$ -,  $\pi$ - va  $\delta$ -bog'larni fazoning ma'lum yo'nalishida joylashganligi natijasida yuzaga kelib chiqadi. Bog' hosil qilayotgan elektron juftlar atom orbitallari va (yoki) gibridlangan orbitallarining elektron bulutlari maksimal to'plangan qismlarining o'zaro qoplashgan fazoviy qismlarida joylashgan. Bunday qoplashishda atom yoki gibridlangan orbitallarining to'liq funksiyalari bir xil ishorali qismlari qoplashgandagina (boshqacha aytganda, orbitallarining simmetriyalari bir-biriga mos keladiganlari orasidagi qoplashish bog' hosil qilishga hissa qo'shadi) elektron bulutning quyuqlashgan qismlari ma'lum fazoviy yo'nalishga ega bo'ladi. Ularning simmetriyalari haqida atom orbitallarining gibridlanish mavzusida to'xtalib o'tamiz (V.4-qism).

Turli molekularlarda bog'larning ma'lum yo'nalishga ega bo'lishi bilan belgilanadigan geometrik tuzilishni tushuntirishda yangi g'oya (1957-yil, Gillespi, Nayxolm) *valent pog'ona elektron juftlarining itarishishi*

Bog'lovchi va taqsimlanmagan elektron juftlar soni	Bog'langan atomlarning geometrik joylashishi	Molekula-ning ifodasi	Bog'langan atomlarning geometrik shakli	Misolilar
1	2	3	4	5
2	Chiziqli	$AX_2$		$F-Be-F$ , $O=C=O$ $H-C \equiv N$ , $N-C \equiv C-H$
3	Burchakli	$AX_2E$		 
3	Teng tomonli uchburchak	$AX_3$		 
4	Burchakli	$AX_3E_2$		 
4	Trigonal piramida	$AX_3E$		 
4	Tetraedr	$AX_4$		 
5	Tekis kvadrat	$AX_4E$		

(VPEJI) bilan bog'langan. Bu g'oya murakkab tuzilishga ega bo'lgan molekularning fazoviy tuzilishini tushuntirishda keng ko'lamda qo'llanishi mumkin. Bu uslubning asosiy g'oyasi *atom valent qobig'idagi* elektronlari o'zak elektronlardan iborat bo'lgan sferik sirtida joylashgan *barcha* (bog'-

1	2	3	4	5
5	T-shaklida	$AX_3E_2$		
5	Chiziqli	$AX_2E_3$		
6	Tekis kvadrat	$AX_4E_2$		
6	Kvadrat piramida	$AX_5E$		
6	Oktaedr	$AX_6$		

**V.1-rasm.** Markaziy atom A ning  $\sigma$ -bog' hosil qilishda qatnashadigan elektronlari va taqsimlanmagan elektron juftlari ishtirokida hosil bo'lgan  $AX_nE_m$  molekularining fazoviy holatlari.

lovchi, taqsimlanmagan) elektron juftlar o'zaro bir-biriga nisbatan mumkin qadar kamroq itarishish holatni egallashga intiladi. Buning natijasida orbitallar ma'lum struktura hosil qiladigan yo'nalishda bog' hosil qiladi va yadrolarni o'zaro birlashtiruvchi chiziqlar molekullardagi valent chiziqlarini ifodalaydigan shtrix chiziqlarga mos keladi.

Sferik shakl sathida elektron juftlar vositasida bog'langan atomlar va taqsimlanmagan juftlar orasidagi itarishish natijasida paydo bo'ladigan eng qulay yoki energetik jihatdan afzalroq bo'lgan geometriya V.1-rasmda aks ettirilgan. Bu chizmalarda A — markaziy atom, X — bog'langan atom yadrosi, E — markaziy atomning taqsimlanmagan elektron jufti. Molekula geometriyasi  $\sigma$ -bog'lar soniga bog'liq,  $\pi$ -bog'lar molekula geometriyasiga faqat bilvosita ta'sir ko'rsatadi.

### V 3. Kovalent bog'lanish

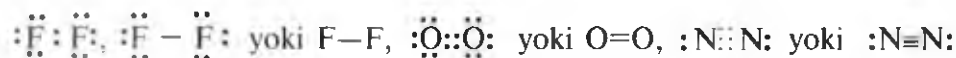
Bu turdagi bog'lanish hosil qilishda qatnashgan atomlar orasida valent pog'onasidagi toq elektronlarning hammasi qatnashib atomlar orasida *umumlashgan elektron* juftlar hosil qiladi. Agar shunday bog'lanish hosil qilishda qatnashgan atomlar bir xil nisbiy elektromanfiylik qiymatiga ega bo'lsalar, bunday molekularlar ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $N_2$  va h.) da hosil bo'lgan elektron juftlar ikkala atom yadrosiga teng darajada taalluqli bo'ladi. Bunday molekularlarni hosil qilgan zarrachalarda ortiqcha zaryad bo'lmaydi, ularni ko'pincha *qutbsiz kovalent bog'li* molekularlar deb yuritiladi.

Kovalent bog' faqat yuqorida keltirilgan elektrmanfiy elementlar orasidagina hosil bo'lib qolmasdan, elektrmanfiyligi kichik bo'lgan atomlar orasida ham hosil bo'ladi, ularga misol tariqasida ishqoriy metallarning atomlari orasida hosil bo'ladigan ikki atomli molekularlarni keltirish mumkin (Li, Na va h.k.). Bunday molekularlardagi kimyoviy bog' energiyasi odatda katta bo'lmaydi (Li uchun 112,97 kJ/mol, Na uchun 72,38 kJ/mol).



*Nisbiy elektrmanfiyligi bir xil bo'lgan atomlar oralig'ida ikkala yadro uchun umumiy bo'lgan bog'lovchi elektron juftlar hosil bo'lishi hisobiga vujudga kelgan bog'lanish qutbsiz kovalent bog'lanish deb ataladi.*

Atomlar orasida hosil bo'lgan kovalent bog'larni molekularning elektron formulasi ko'rinishida ifodalash maqsadida ikkita yadroni bog'lashda qatnashgan elektronlar atomlar atrofida nuqta vositasida, ba'zan molekularning struktura formulasini ifodalashda bog' hosil qilishda qatnashayotgan umumiy elektronlar juftini chiziqcha — valent chizig'i orqali ham ifodaladi:



Kovalent bog'larning boshqa turdagi bog'lardan tubdan farq qiladigan ikkita muhim xossalari bor. Ulardan biri — kovalent bog'larning fazoviy yo'nalishga ega bo'lishidir. Har qanday kovalent bog'lanishli molekula uchun o'ziga xos struktura — tuzilish mavjuddir. Yuqorida qayd qilinganiga ko'ra, bir xil elementlardan kovalent bog'lanish orqali hosil bo'lgan gazlar ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$  va h.), turli elementlar atomlaridan hosil bo'lgan oddiy sharoitda gaz holdagi moddalar ( $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ), deyarli hamma uglevodorodlar molekulari molekular tuzilishga ega.

Bunday moddalar molekulari elektroneytral xususiyatga ega bo'lib, ular elektr tokini o'tkazmaydi, kimyoviy reaksiyalarga kirishishi uchun molekuladagi kimyoviy bog'larni hammasi bo'lmasa ham, ma'lum qismi uzilishi lozim. Shu sababli bunday molekulalardan hosil bo'lgan moddalar reaksiyaga kirishishi uchun ma'lum vaqt davomida yetarli energiyani sarf etish talab qilinadi. Buning natijasida reaksiyon sustlik kuzatiladi, reaksiyalarning borish jadalligi kam bo'ladi, boshqacha aytganda, ularning reaksiyon faoliyati ion tabiatli molekular orasidagi reaksiyalardagiga nisbatan kam bo'ladi.

#### **V 4. Atom orbitallarning gibridlanishi**

Har qanday molekulaning energetik jihatdan turg'unlikka intilishi natijasida undagi bog'lar yo'nalishi ma'lum burchaklarga ega bo'lib, *yo'nalganlikni* yuzaga keltirib chiqaradi. Shu bilan birga, molekula geometriyasi atomlar orasidagi bog'ning uzunligi bilan ham bog'liq bo'ladi.

Har bir sistemaning minimal energiyaga ega bo'lishga intilishi natijasida elektron bulutlarning fazoviy joylashishi ma'lum vaziyatda bo'lishiga olib keladi. Shundagina molekuladagi kovalent bog' energiyasi maksimal qiymatga ega bo'ladi.

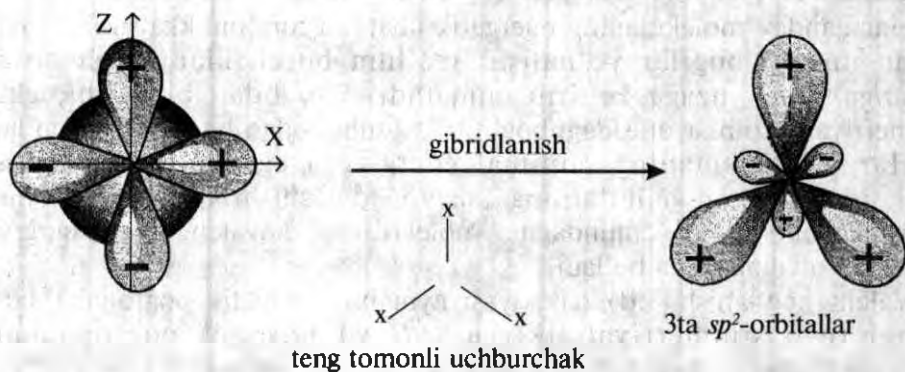
Valent bog'lanish (VB) nazariyasi ayni bir energetik pog'onalar tarkibidagi turli simmetriyali (*s*-, *p*-, *d*- va hokazo) pog'onachalar elektronlarining to'liq tabiati tufayli qo'shilishi natijasida, simmetriyalari oraliq holatga ega bo'lgan yangi shakldagi gibrid orbitallar hosil bo'lishini tushuntirib beradi (L. Poling). Gibridlanishda bitta elektronga ega bo'lgan *s*-orbital bilan bitta, ikkita yoki uchta *p*-orbitallar qatnashgan fazoviy simmetriyalari turlicha bo'lgan gibrid orbitallar paydo bo'ladi. Kimyoviy bog' yuzaga kelishi davomida turli xil gibridlangan orbitallar ishtirokida hosil bo'ladigan molekularning fazoviy geometriyasini, yoki boshqacha aytganda, bog'larning yo'naluvchan xususiyatini tushuntirish uchun katta ahamiyatga ega. V. 2-rasmda bog' hosil qiladigan markaziy atomda bittadan *s*- va *p*-orbital hisobiga ikkita *sp*- («es-pe» deb o'qiladi) gibrid orbital hosil bo'lishi aks ettirilgan.

Agar bitta *s*-orbital bilan ikkita *p*-orbital gibridlanishda qatnashsa — uchta *sp*<sup>2</sup>-gibrid («es-pe ikki») orbital (V.3-rasm), bitta *s*-orbital va uchta *p*-orbital qatnashsa to'rtta *sp*<sup>3</sup>-gibrid orbital (V.4-rasm) hosil bo'ladi.

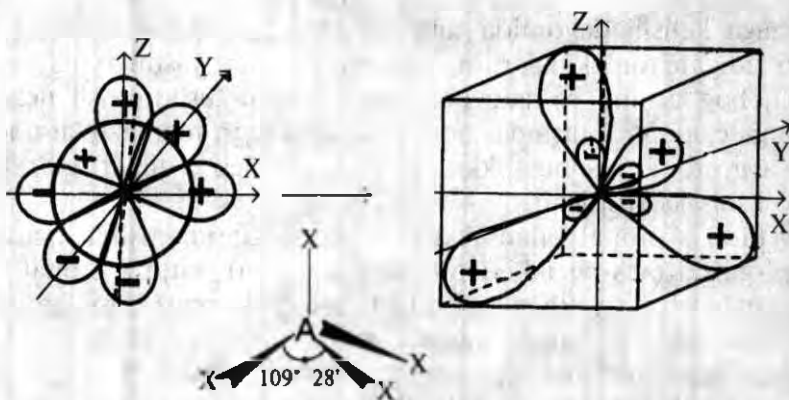
Gibridlanish jarayonida nechta atom orbitallar qatnashgan bo'lsa, yangi holatdagi gibrid orbitallar soni ham shuncha bo'ladi. 2-davrdagi elementlarning eng ko'pi bilan 4 ta (bir *s*- va 3 ta *p*-) orbitallari hisobiga faqat to'rtta gibrid orbitallar hosil bo'lishi mumkin, lekin ular turli fazoviy vaziyatlarda bo'ladi.



V. 2-rasm.  $s$ - va  $p$ -orbitallar ishtirokida 2 ta  $sp$ -gibrid orbitallar hosil bo'lish sxemasi.



V. 3-rasm.  $s$ - va 2 ta  $p$ -orbitallardan 3 ta  $sp^2$ -gibrid orbitallar hosil bo'lish sxemasi.



V. 4-rasm.  $s$ - va 3 ta  $p$ -orbitallar ishtirokida 4 ta  $sp^3$ -gibrid orbitallar hosil bo'lish sxemasi.

1. Molekulani hosil qilishda to'rtta  $sp^3$ -gibrid orbitallar qatnashgan molekulada markaziy atomning hosil qilgan to'rttala bog'i orqali bog'langan atomlarning fazoviy holati tetraedr shakliga ega bo'ladi. Markaziy atom atrofidagi bog'langan atomlar tetraedrning cho'qqilarida joylashgan. Agar bog'langan atomlar tabiati bir xil bo'lsa, bog'lar yo'nalishi orasidagi burchak  $109^{\circ}28'$  yoki  $109,5^{\circ}$  bo'ladi (masalan,  $CH_4$ ,  $CCl_4$  va boshqalar). Agar bog'langan atomlar turli tabiatga ega bo'lishsa, unday molekulaning geometriyasida muntazam tetraedr o'rniga xossalari bilan farq qiladigan atomlar bog'ining uzunligi qisqargan yoki uzunroq bo'lganligi sababli qisman o'zgargan shaklli tetraedr hosil bo'ladi. Masalan, metan molekulasidagi bitta vodorod atomi o'rniga yod atomi almashgan (metil yodid) molekulasida yod atomining radiusi yoki hajmi katta bo'lishi tufayli molekulaning geometriyasi saqlanib qolgan bo'lsa ham, metan molekulasiga nisbatan assimetriya kuzatiladi ( $CH_3I$  molekulasidagi burchaklar  $\angle HCI > \angle HCH$  ekanligi aniqlangan).

2. Molekulani hosil qilishda uchta  $sp^2$ -gibrid orbitallar va bitta  $p$ -atom orbital (bu  $p$ -orbital  $\pi$ -bog' hosil qilishda ishtirok etadi) qatnashganda markaziy atom atrofida bog'langan atomlar soni uchta bo'ladi, ulardan biri markaziy atom bilan qo'sh bog' orqali bog'langan, atomlar joylashgan yo'nalishlar orasidagi burchak  $120^{\circ}$  ga teng bo'ladi (masalan, etilen molekulasida, benzol halqasidagi uglerod atomlari va h. k.).

3. Molekulani hosil qilishda ikkita  $sp$ -gibrid orbitallar va  $\pi$ -bog' hosil qilishda ikkita  $p$ -atom orbitallar qatnashganda markaziy atom ikkita atom oralig'ida joylashadi, molekula chiziqli geometriyaga ega bo'ladi, yo'nalishlar orasidagi burchak  $180^{\circ}$  bo'ladi ( $BeH_2$ ,  $BeF_2$  molekullari). Markaziy atom bog'langan atomlarning biri bilan uchta bog' (1 ta  $\sigma$ - va 2 ta  $\pi$ -), yoki ikkalovi bilan qo'shbog'lar orqali bog'langan bo'ladi (ikkala holda ham markaziy atom ikkita  $\pi$ -bog'ga ega bo'ladi). Bunday molekulalarga  $CO_2$  ( $O=C=O$ ), asetilen ( $H-C\equiv C-H$ ) va boshqalar misol bo'la oladi (V.6-rasm).

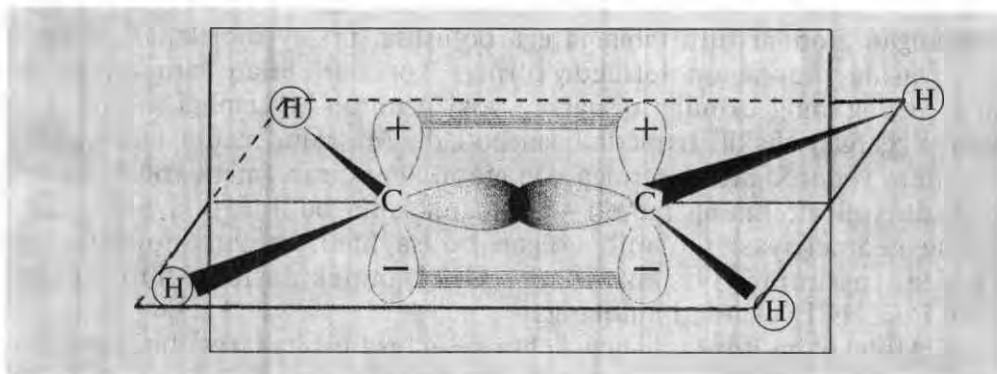
Uglerod atomining valent qobig'ida to'rtta elektron uchun asosiy holat  $2s^2 2p^2$  bo'lib, ulardan ikkitasi juftlashgan ( $2s$ -orbitalda) va yana ikkitasi toq holda  $2p$ -orbitallarda joylashgan. To'rtta orbitalga ega bo'lgan uglerod atomi o'zining maksimal valentligini namoyon qilishda juft holdagi ikkita elektronning biri  $s$ -orbitaldan  $p$ -orbitalga ko'chib o'tadi (buning uchun sarf qilinadigan energiyani qo'zg'algan holatga o'tish energiyasi deb yuritiladi). Bu sarf qilingan energiya shu elektron ishtirokida hosil bo'ladigan bog'lanish energiyasi hisobiga qoplanadi. Endi uglerod atomining elektron konfiguratsiyasi  $2s^1 2p^3$  bo'lib, yuqorida ko'rib o'tilgan 1,2 va 3 holatlarni yuzaga keltirib chiqarishga imkon beradi:

— to'rtta atom orbital hisobiga to'rtta  $sp^3$ -gibrid orbitallar hosil bo'lishi va uning fazoviy geometriyasi (V.4-rasm);

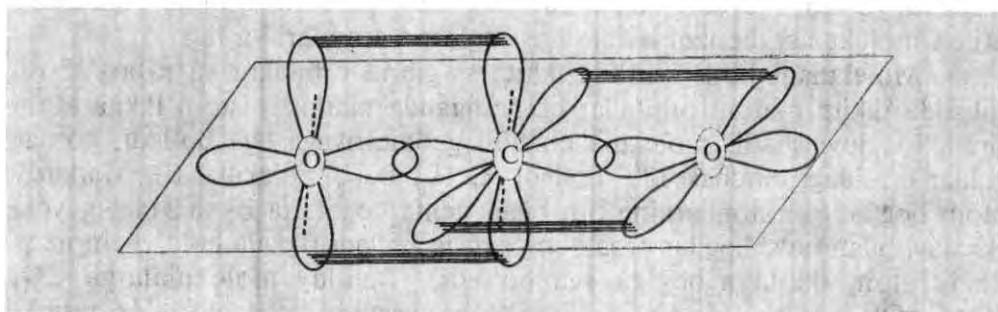


— uchta  $sp^2$ -orbitallar va unga qo'shimcha  $\pi$ -bog' hosil qilishda qatnashadigan  $p$ -orbital va molekula geometriyasi (V.5-rasm);

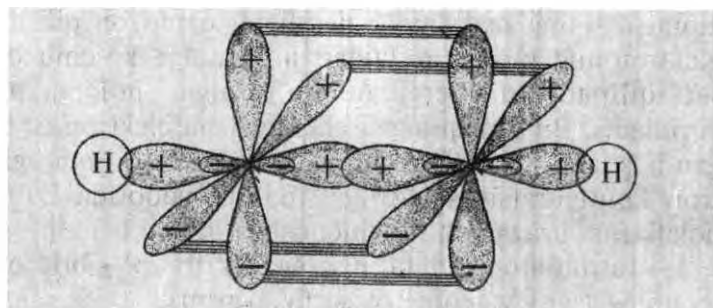
— har bir uglerod atomi ikkita  $sp$ -gibrid orbitallar va ikkita  $\pi$ -bog'lar hosil qilishda qatnashadigan holatlar va molekulaning geometriyasi (V.7-rasm).



V. 5-rasm.  $s$ - va  $3$  ta  $p$ -orbitallar ishtirokida  $3$  ta  $sp^2$ -gibrid orbitallar va  $\pi$ -bog' hosil bo'lish sxemasi.



V. 6-rasm. Uglerod(IV) oksid molekulasida markaziy atom (uglerod) ikkita  $\sigma$ -( $sp^2$ -gibridlanish) va ikkita  $\pi$ -bog' hosil qilgan orbitalarning fazoviy joylashishi.

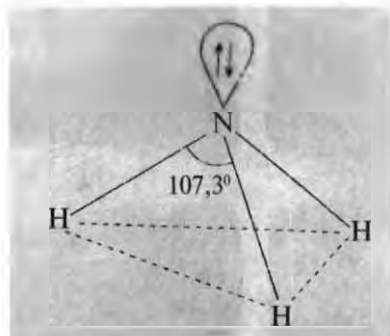


V. 7-rasm. Asetilen molekulasida  $3$  ta  $\sigma$ - va  $2$  ta  $\pi$ -bog'larining fazoviy holatlari.

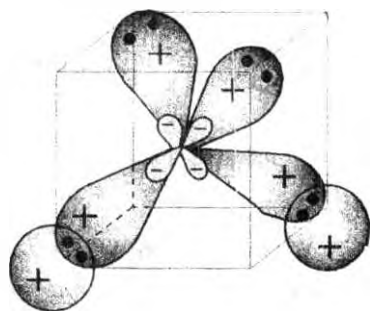
Xulosa qilib aytganda, uglerod-uglerod bog'larini hosil qilishda 2,4 yoki 6 ta elektronlar juftlashib yakka, qo'sh yoki uch bog' hosil qilishi mumkin, ko'pchilik hollarda bunday bog'lar energiyasi tegishli ravishda 346, 602 va 835 kJ/mol ga yaqin bo'ladi.

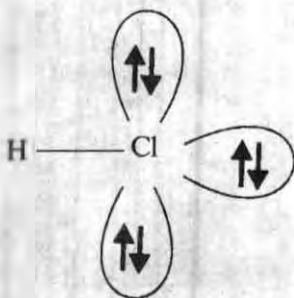
Davriy sistemaning V, VI va VII gruppalarining bosh gruppachalarida joylashgan azot, kislorod va galojen elementlari atomlarida ham bitta *s*- va uchta *p*-orbitallar bo'lgani sababli ularning hammasida ham  $sp^3$ -gibridlanish holati kuzatiladi. Gibridlanish jarayonida qatnashadigan atom orbitallarda bitta yoki ikkitadan elektronlar bo'lishi mumkin, lekin gibridlangan orbitallardagi faqat toq elektronlarga bog' hosil qilishda qatnasha, juft elektronlarga ega bo'lgan gibridlangan orbitallar donor-akseptor bog' hosil qilishda qatnashishlari mumkin. Ammiak molekulasi hosil qilishda uchta  $sp^3$ -gibrid orbitallar vodorod atomi bilan bog' hosil qilishda qatnashadi va to'rtinchi  $sp^3$ -gibrid orbital taqsimlanmagan erkin elektron (bog' hosil qilishda qatnashmagan) jufti bilan band bo'ladi va bunday elektronlar jufti bog' hosil qilishda qatnashmaydi. Bu elektron juft tetraedrning cho'qqilaridan biri tomon yo'nalgan va ma'lum sharoitda qo'shimcha bog' hosil qilishda donorlik vazifasini bajaradi. Ammiak molekulasi geometriyasi (to'rtta atomning fazoviy holati) uch-burchakli piramida shaklida bo'ladi (V.8-rasm).

Suv molekulasidagi kislorod atomining elektronlari ham to'rtta  $sp^3$ -gibrid orbitallar hosil qiladi, ulardan ikkitasi suv molekulasi hosil qilishda qatnasha, qolgan ikkitasi taqsimlanmagan elektronlar jufti bilan band bo'ladi. Kislorod bilan vodorod atomlari orasidagi burchak tetraedrning qo'shni cho'qqilari orasidagi yo'nalishga ega bo'ladi. Erkin elektron juftlari tetraedrning qolgan ikki cho'qqisi tomon yo'nalgan bo'ladi:



V.8-rasm. Ammiak molekulasi-ning fazoviy tuzilishi.





V.9-rasm. Vodorod xlorid molekulasida xlor atomining gibridlangan orbitalaridan biri bog'lovchi elektronlar jufti bilan  $\sigma$ -bog' hosil qilishda qatnashgan, qolgan uchta  $sp^3$ -orbitalarida taqsimlangan elektron juftlar joylashgan.

Taqsimlangan elektron juftlari orasidagi o'zaro itarishuv kuchlari bog' hosil qilishda qatnashgan bog'lovchi orbitalar orasidagi itarishishdan ko'ra kuchliroq bo'ladi, shu sababli  $\text{CH}_4$  va  $\text{NH}_4^+$  da burchak  $109^\circ 28'$ , ammiakda  $107,3^\circ$  va suvda esa  $104,5^\circ$  bo'ladi.

## 5. Qutbli kovalent bog'lanish

Yuqorida aytilganicha, qutbsiz kovalent bog' hosil qilishda NEM qiymatlari bir-biriga yaqin ( $\Delta\chi \leq 0,4$ ) bo'lgan elementlarga qatnashadi. Bu holda bog' hosil qiluvchi elektronlarning maksimal zichligi ikki yadro oralig'ida simmetrik holda joylashadi deb tasavvur etiladi.

Elektronlarning bitta yadro maydonidagina bo'lishiga qaraganda ularning ikki yoki undan ko'proq yadrolar maydonida bo'lishi sistema energiyasini pasaytiradi, bu vaziyat sistemani energetik afzallikka olib keladi.

Agar bog' hosil qilishda qatnashayotgan atomlarning NEM lari har xil bo'lsa, elektron bulutining zichligi NEM lik qiymati kattaroq bo'lgan atom tomon siljiydi. NEM lik qiymati kichik bo'lgan atomga yaqin bo'lgan fazo qismida musbat zaryad paydo bo'ladi va natijada atomlarda qarama-qarshi zaryadli qutblar yuzaga keladi.

*Elektrmanfiyliklari oz farq qiladigan atomlar orasida hosil bo'ladigan bog'ni qutbli kovalent bog'lanish deb ataladi.*

Elementlarning NEM qiymatlaridagi farqidan tashqari molekuladagi bog' qutbli bo'lishining bir necha sabablarini quyidagicha ifodalash mumkin:

— kimyoviy bog' hosil qiluvchi atomlarning yadro zaryadlari bir xil bo'lmashligi;

— atomlarda valent pog'onadagi elektron qobiqlarining radiuslari turlicha bo'lish va elektron pog'onalarining elektronlar bilan ishg'ol etilish darajasi turlicha bo'lishi kerak.

Yuqoridagi shartlardan biri amalga oshganda ham, bog' hosil qilayotgan elektron juftlarining zaryad zichligi ikki yadro oralig'ida asimmetrik holda joylashadi. NEM qiymati kattaroq bo'lgan atomda *effektiv manfiy zaryad* (belgisi  $\delta^-$ ), u bilan bog'langan ikkinchi atomda *effektiv musbat zaryad* (belgisi  $\delta^+$ ) to'planadi (bu zaryadlar kattaligi ikki yadroli molekula uchun bir xil bo'ladi, chunki molekulalar har doim elektroneytral holda bo'ladi). Effektiv zaryadlar miqdori har doim bog' hosil qilayotgan atomlarning oksidlanish darajasidan kichik bo'ladi.

Masalan, HCl molekulasida elektron bulutining zichligi elektrmanfiy xlor atomi tomon siljigan va bu vaziyatni  $H^{\delta+}-Cl^{\delta-}$  ko'rinishida aks ettiriladi. Bunday molekulalar *qisman qutbli* yoki *qisman ionli kovalent* bog'ga ega bo'ladi. Bu molekulada bog'ning ionli darajasi 18% ga teng, ya'ni  $\delta^+$  va  $\delta^-$  qiymati 0,18 ga teng. Agar  $\delta=0$  bo'lsa edi, molekuladagi bog'ning tabiati qutbsiz kovalent,  $\delta=1$  bo'lsa, bog' ionli xususiyatga ega bo'lar edi. Lekin, davriy sistemadagi atomlar orasida shunday 100% li ionli bog' bo'lishi prinsipial mumkin emas, uning sabablari V.8-qismda ko'rib chiqiladi.

Kimyoviy bog' va molekulalarning umumiy qutbliligi dipolning elektr momenti  $\mu$  («myu») — *dipol moment* vositasida ifodalanadi:

$$\mu = \bar{e} l$$

bu formulada  $\bar{e}$  — atomlardagi effektiv zaryad (Kulonlarda, qisqacha — Kl),  $l$  — qutblararo masofa ( $m$ ). SI birligida dipol moment «Kulon·metr» ( $Kl \cdot m$ ) kattaligida ifodalanadi.

Molekula tarkibidagi bog'larning dipol momenti vektor yo'nalishiga qarab molekulada qutblilik turlicha bo'lishi mumkin.

Dipol moment kattaligi kovalent tabiatli molekulalar uchun nolga, qutbliligi maksimal bo'lgan moddalar molekulasi uchun  $18,5 \cdot 10^{-31}$  Kl·m (gek-sametilfosfotriamid) gacha bo'lishi mumkin.

Kimyoviy bog'ning nisbatan to'la ionli holatdan kovalent holatga o'tishini davriy sistemadagi 3-davr elementlarining xlor bilan hosil qilgan birikmalari misolida kuzatish mumkin:



ionli  
bog'

qutbli kovalent bog'li  
molekulalar

kovalent  
bog'

Bu qatorda bog'ning qutbliligi kamayib boradi.

Kimyoviy bog' hosil qilishda qatnashayotgan elementlar NEM qiymatlari farqi kimyoviy bog'ni qutbliligiga proporsional bo'ladi.

Bog' hosil qilishda qatnashgan elementlarning elektrmanfiyliklari orasidagi farq kattaligi bog'ning ionlik darajasi ortib borishiga proporsional bo'ladi. Quyidagi V.2-jadvalda shu xususiyat aks ettirilgan.

V.2-jadval

**Elementlarning elektrmanfiyliklari orasidagi farq bilan bog'ning ionlik darajasi orasidagi bog'lanish**

$\Delta\chi$	Bog'ning ionlik darajasi, %	$\Delta\chi$	Bog'ning ionlik darajasi, %
0,2	1	1,8	55
0,4	4	2,0	63
0,6	9	2,2	70
0,8	15	2,4	76
1,0	22	2,6	82
1,2	30	2,8	86
1,4	39	3,0	89
1,6	47	3,2	92

Jadvaldan ko'rinishicha, elementlarning NEM qiymati bir-biridan 1,7 birlikka farq qilsa, kimyoviy bog'ning 50%-i kovalent va yarmi ion bog' xususiyatiga ega bo'lar ekan, boshqacha aytganda, shunday molekulada bog'ning tabiati teng miqdorda ionli va kovalent xususiyatga ega bo'ladi.

Bog'da qatnashuvchi atomlarning NEM qiymatlari orasidagi farq 2,0 dan katta bo'lsa, molekuladagi bog' tabiati *ionli* xususiyatga, farq 0,4—2,0 gacha bo'lganda qutbli kovalent tabiatli va 0,4 dan kichik bo'lgan holda bog'ni deyarli *kovalent* xususiyatga ega deb hisoblash tavsiya etiladi.

Bir davrdagi elementlar atomlari birikmalarida elektron juft zichligi jadvalda o'ng tomonda joylashgan atom tomon siljigan bo'ladi, bir guruhda joylashgan elementlar (masalan, galoidaro birikmalar) orasidagi bog'lovchi elektron juftlar gruppada yuqoriroqda joylashgan element tomon siljigan bo'ladi. Demak, ikki xil NEM qiymatiga ega bo'lgan ikki atomli molekular qutbga ega bo'ladi.

Uch atomli molekular qutbli kovalent bog'lardan tashkil topgan taqdirda ham, molekula har doim qutbli bo'lishi shart emas. Bunday molekularning geometrik tuzilishi qutbli yoki qutbsiz bo'lishini asoslovchi omil bo'ladi. Aytib o'tilgan holatlarni (ya'ni molekula geometriyasining ahamiyatini) quyidagi misollarda ko'rib chiqamiz:

a) metan molekulasidagi har bir C—H bog‘ning ionli darajasi yuqorida keltirilgan jadvalga binoan 4% ni tashkil etadi ( $\chi_c=2,5$ ;  $\chi_H=2,1$  va  $\Delta\chi=0,4$ ), ya‘ni har bir bog‘ qutbli, lekin tetraedr simmetriyasiga ega bo‘lgan bu molekula batamom qutbsiz, chunki musbat va manfiy qutblarning geometrik markazi fazoning bir nuqtasida joylashgan. Bunday qutbli bog‘lardan tashkil topgan qutbsiz molekullarning markaziy atomlari faqat  $sp$ - va  $sp^2$ -gibrid orbitallardagina emas, ular qatorida  $sp^3$ -gibrid orbitali molekula ham bo‘ladi,  $dsp^3$ - (uchburchakli bipiramida) va  $d^2sp^3$ -(oktaedr shaklli) gibrid orbitali molekullar keng tarqalgan. Ammiak molekulasida  $sp^3$ -gibrid orbitallarning birida erkin elektron jufti joylashgan bo‘ladi. Bu molekulada har bir N—H bog‘ning qutbliligi C—H bog‘nikidan ko‘ra katta-roq (ionli darajasi 20% ga yaqin) bo‘lsa ham, musbat va manfiy qutblarning markazi fazoning turli nuqtalarida joylashadi (molekula uchun bu nuqtalar o‘mi vektorlar qo‘shilishi asosida topiladi);

b) suv molekulasining geometriyasi burchakli ko‘rinishiga ega bo‘lib, musbat va manfiy qutblarning geometrik markazlari bir-biridan ancha uzoqda joylashgan; molekula uchun  $\mu=6,1 \cdot 10^{-31}$  Kl·m ga teng bo‘lib, suv kuchli qutbli modda hisoblanadi.

Xulosa qilib aytganda, chiziqli tuzilishga ega bo‘lgan molekullarda ( $sp$ -gibridlanish) markaziy atom atrofida joylashgan atomlar bir xil tabiatli bo‘lsa ( $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{CO}_2$  va boshqalar) molekula qutbsiz bo‘ladi. Xuddi shunday tarzda,  $sp^2$ -gibridlangan orbitallar ishtirokida hosil bo‘lgan va uchala atomlari bir xil bo‘lgan molekullar ( $\text{BH}_3$ ,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{SO}_3$  va boshqalar) ham qutbga ega bo‘lmaydi. Agar  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CCl}_4$  molekullarining simmetriyasi yuqori bo‘lishi ularning qutblilik xossasi yo‘qolishiga olib kelsa,  $\text{CHCl}_3$  ( $\mu=3,83 \cdot 10^{-31}$  Kl·m),  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ( $\mu=5,27 \cdot 10^{-31}$  Kl·m) yoki  $\text{CH}_3\text{Cl}$  ( $\mu=6,57 \cdot 10^{-31}$  Kl·m) molekullari albatta qutbli bo‘ladi.

Agar  $sp^3$ -gibrid orbitali atom taqsimlanmagan elektron juftiga ega bo‘lib, bog‘langan atomlarning NEM qiymatlari markaziy atomnikidan farq qilganda, bog‘larning dipol moment vektorlari qarama-qarshi yo‘nalishga ega bo‘lishi mumkin. Masalan,  $:\text{NH}_3$  molekulasida taqsimlanmagan elektron jufti tufayli paydo bo‘lgan dipol moment vektori uchburchakli piramida asosi tekisligiga teskari perpendikular tomon yo‘nalgan. Molekuladagi N—H bog‘larning dipol moment vektorlari ham taqsimlanmagan juftning vektori bilan bir tomonga yo‘nalgan, shu sababli bu vektorlar qo‘shiladi.

$:\text{NF}_3$  molekulasida N—F bog‘larning dipol moment vektori  $\mu(\text{N—H}) < \mu(\text{N—F})$  bo‘lgani holda ham, N—F bog‘lar vektori taqsimlanmagan elektron jufti vektoriga qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan, shu sababli molekula qutbliligi  $\text{NH}_3$  nikidan ancha kam bo‘ladi:  $\mu(\text{NH}_3)=0,47 \cdot 10^{-31}$  Kl·m,  $\mu(\text{NF}_3)=0,07 \cdot 10^{-31}$  Kl·m.

Molekulalarda dipol moment kattaligi ayni molekulaning geometrik tuzilishi haqida ma'lumot beradi. Masalan,  $\text{CO}_2$  va  $\text{SO}_2$  molekulalarning har birida E—O bog'i qutbli, manfiy qutb kislorod atomiga yaqin joylashgan. Birinchi molekula batamom qutbsiz bo'lishi, uning chiziqli tuzilishi ( $sp$ -gibrid orbital hisobiga) natijasida ikkita bog'ning qutblari bir-biriga teskari bo'lib,  $\mu = 0$  bo'lishiga olib keladi.  $\text{SO}_2$  molekulasida  $sp^2$ -gibrid orbitalar vositasida paydo bo'lib, molekulada S=O bog'lari o'zaro  $120^\circ$  burchak hosil qiladi, bu esa molekulaning qutbli bo'lishiga olib keladi. Tajribada  $\mu$  qiymatini aniqlab molekula geometriyasi haqidagi ma'lumotga ega bo'lish mumkin.

Qutbli molekulalardan tashkil topgan moddalarda qarama-qarshi zaryadli qutblari orasidagi tortishuv kuchlari paydo bo'ladi, shu sababli bunday moddalarning suyuqlanish va qaynash temperaturalari qutbsiz kovalent bog'li moddalarnikiga nisbatan yuqoriroq bo'ladi. Qutbli va ion tabiatli moddalar qutbli molekulali suyuqliklarda yaxshi eriydi, chunki erigan moddalar molekulalarning qutblari yoki ionlari bilan erituvchi molekulalari orasidagi qo'shimcha *dipol-dipol* yoki *ion-dipol* ta'sirlashuvlar natijasida qutbli molekulalar ionlarga aylanish imkoniyati kuchayadi.

Misol tariqasida vodorod xlorid gazi qutbsiz organik (benzol va unga o'xshash) erituvchilarda eriydi, lekin bu eritmalarda u dissotsilanmaydi (kumush nitrat bilan kumush xloridni hosil qilmaydi). Shu gaz suvda juda yaxshi eriydi va to'la ionlarga dissotsilanadi.

*Effektiv zaryad* — qutbsiz kovalent bog'li molekulalardagi atomlar uchun 0 ga teng, lekin ulardagi NEM li farqi ortgan sari zaryad kattaligi ortadi, bog'ning ionli xususiyati kuchayadi.

Quyida galoidvodorodlardagi NEM farqi ( $\Delta\chi$ ) ning, bog' qutbliligining va galogen atomlaridagi  $\delta$ -qiymatining o'zgarishini ko'rish mumkin:

Molekulalar	HF	HCl	HBr	HI
$\mu$ , $\text{Kl} \cdot \text{m} \cdot 10^{31}$	1,91	1,03	0,79	0,42
$\Delta\chi$	2,0	0,9	0,7	0,5
$-\delta$ (galogen atomida)	0,45	0,20	0,12	0,05

Bu qatorda anion radiusi ortib borishi tartibida undagi manfiy zaryad zichligi kamayadi, anionning deformatsiyalanishi osonlashadi, elektron zichligi musbat zaryadlangan kation tomon siljiydi va natijada bog'ning kovalentlik xususiyati kuchayadi.

Effektiv zaryad kattaligi bilan atomlarning NEM qiymatlaridagi farqi orasida parallellikni 3-davr elementlari oksidlarida ham kuzatish qulay:

Oksidlar	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Δχ	2,6	2,3	2,0	1,6	1,3	1,0	0,5
-δ	0,81	0,35	0,31	0,23	0,13	0,06	0,01

Quyidagi jadvalda birikma tarkibidagi elementlarning effektiv zaryadlari keltirilgan; bu qiymatlar molekula ionli tabiatga ega bo'lganda ham uning effektiv zaryadi ion zaryadidan kichik bo'ladi.

V.3-jadval

### Ba'zi birikmalarda atomlarning effektiv zaryadi

Molekula	Atom	δ	Molekula	Atom	δ
NaF	F	-0,93	SnF <sub>4</sub>	Sn	+0,40
NaCl	Cl	-0,92	SnCl <sub>4</sub>	Sn	+0,22
NaBr	Br	-0,83	SnBr <sub>4</sub>	Sn	+0,15
NaI	I	-0,75	SnI <sub>4</sub>	Sn	+0,05
KClO <sub>3</sub>	Cl	+0,70	H <sub>2</sub> S	H	+0,10
KMnO <sub>4</sub>	Mn	+0,30	MgS	Mg	+1,05
Li <sub>2</sub> O	Li	+0,80	FeS	Fe	+0,71
Na <sub>2</sub> O	Na	+0,81	CuS	Cu	+0,51
K <sub>2</sub> O	K	+0,89	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Al	+1,50
Rb <sub>2</sub> O	Rb	+0,92	SnS <sub>2</sub>	Sn	+1,08
Cs <sub>2</sub> O	Cs	+0,69	ZnS	Zn	+0,89
ZnO	O	-1,06	SnCl <sub>2</sub>	Cl	-0,10
SO <sub>2</sub>	O	0,10	ZnBr <sub>2</sub>	Br	-0,50
SO <sub>3</sub>	O	0,06	CrCl <sub>2</sub>	Cr	+1,90
OsO <sub>2</sub>	Os	+0,80	CrCl <sub>3</sub>	Cr	+1,20
K <sub>2</sub> OsO <sub>4</sub>	Os	+0,80	Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Co	+1,80
MgO	Mg	+1,01	Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Co	+1,2
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Cr	+0,20	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	Fe	+1,70
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Cr	+0,10	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Fe	+1,00
CaSO <sub>4</sub>	S	+0,40	K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Fe	+1,16

## V 6. Donor-akseptor bog'lanish

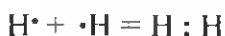
Bir atomning elektron jufti hisobiga hosil bo'ladigan ikkinchi tur bog'lanishning donor-akseptor mexanizmi amalga oshganda o'zaro bog'lanuvchi atomlar bog' hosil qilishda bir xil hissa qo'shmaydi, atomlardan biri (donor) bog' hosil qilish uchun o'zining taqsimlanmagan elektron juftini ikkinchi atomning bo'sh orbitaliga uzatadi va buning natijasida, birinchi holdagi kabi, elektron jufti ikki yadroni bog'lab turuvchi vositaga aylanadi.



! *Bir atomning taqsimlanmagan elektron jufti va boshqa atomning vakant (bo'sh) elektron orbitali hisobiga hosil bo'lgan bog'lanish donor-akseptor bog' deb ataladi.*

Bunday bog'lar hosil bo'lishida akseptor vazifasini bajaradigan atomlarning tashqi valent elektronlarining soni orbitallar sonidan kam bo'lishi (2-davr elementlari uchun I—III gruppada elementlari atomlarida), donor xossasiga ega bo'ladigan atomlarda valent elektronlar soni orbitallar sonidan ko'proq (VA—VIIA gruppachadagi elementlar atomlari) bo'lganda kuzatiladi. Shu bilan birga, bog'larni hosil qilishda qatnashadigan atomlar yoki molekullar zaryadlangan (ionlar) yoki neytral holda bo'lishi mumkin. Masalan,  $H_2$  molekulasi hosil bo'lishini ikkala mexanizm asosida tushuntirish mumkin:

1) ikkita vodorod atomi teng hissa qo'shgan holda (har bir atom bittadan elektron berib) molekula kovalent mexanizm orqali hosil bo'ladi:



2) donor-akseptor mexanizm amalga oshishda  $H^+$  (masalan, suv molekulasidagi vodorod atomi) va  $H^-$  (metall gidridlardagi vodorod anioni) zarrachalari orasida hosil bo'ladigan bog'ni



(bu holat  $NaH + H_2O = NaOH + H_2$  reaksiyasida kuzatiladi) tarzda aks ettirish mumkin;

3)  $SO_2$  molekulasi o'zining erkin elektron jufti hisobiga donor vazifasini bajarib, uning bilan reaksiyaga kirishadigan kislorod atomining tashqarisidagi valent qobig'ida oktet qobiqcha hosil qilish uchun ikkita elektron yetmagani uchun, bu atom akseptor vazifasini o'ynay oladi va  $SO_2$  molekulasi  $SO_3$  ga o'tadi. Bu holatni ham donor-akseptor mexanizm asosida tushuntirish mumkin;

4) ammiak molekulasida azot atomi taqsimlanmagan elektron juftiga ega va uning hisobiga molekula donor bo'ladi, vodorod xlorididagi vodorod atomining qisman bo'shagan  $1s$ -orbitali hisobiga bu atom akseptorlik vazifasini bajaradi:  $H^+ + : NH_3 = NH_4^+$ . Yangi hosil bo'lgan ammoniy ionidagi to'rtala  $N-H$  bog'lar bir-biridan hech qanday farq qilmaydi,  $sp^3$ -gibrid orbitaldagi elektron jufti ham oldingi ammiakdagi uchta  $N-H$  bog'idagi atomlarning teng hissa qo'shib hosil qilgan bog'dagi elektron juftlari ham ikki yadro ( $N$  va  $H$ ) oralig'ida bir xil vaziyatda bo'ladi. Ammiak molekulasi geometriyasi uchburchakli piramida holdan munozam tetraedr shaklli ammoniy ioniga o'tadi.

Ko'rib chiqqan kovalent bog' hosil bo'lish mexanizmi ikki xil bo'lsa ham, undan bog'larning kelib chiqishini aks ettirish maqsadida foydalanish o'rinli, lekin bog' tabiatini bir-biridan farq qilish uchun hech qanday asos yo'q.

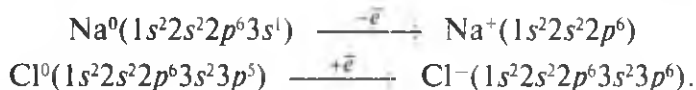
## V 7. Ion bog'lanish

Kimyoviy bog'ni hosil qilayotgan atomlarning NEM lar qiymati bir-biridan keskin farq qiladigan holatda NEM ligi kattaroq bo'lgan element o'ziga ikkinchi atomning elektronlarini tortib oladi va manfiy zaryadlangan ion (anion) holiga o'tadi. NEM lik qiymati kichik bo'lgan element musbat zaryadlangan kation holiga o'tadi.

! *Qarama-qarshi ishorali ionlar orasida elektrostatik tortishuv kuchlari hisobiga amalga oshgan bog' ionli bog'lanish deb ataladi.*

Yuqorida tasvir etilgan holat birmuncha to'g'ri emas, chunki yangi hosil bo'lgan elektron jufti batamom manfiy zaryadlangan ionning o'zidagina qolmasdan, qisman musbat zaryadlangan kation tomon siljiydi, chunki batamom elektrmanfiylikka ega bo'lmagan atomlar yo'q, ko'pmi yoki ozmi, har bir metall atomi ma'lum NEM qiymatiga ega.

Bir atomli kationlar va anionlar orasidagi elektron zichlik NEM qiymati kattaroq bo'lgan element tomon siljiydi. NEM ligi kichik bo'lgan atomlarning tashqi valent qobig'idagi elektronlar soni ko'p emas (1, 2 ba'zan 3 ta bo'lishi mumkin), ularning shu elektronlari NEM ligi katta bo'lgan ikkinchi atomga o'tganda bu atom ion holiga o'tishi natijasida turg'un holatdagi o'zak elektronlarining o'zi qoladi; shu bilan birga, elektr manfiyligi katta bo'lgan elementning tashqi valent qobig'ida 4—7 gacha elektronlari bo'ladi va o'zga (boshqa) atom elektronlarini birlashtirishi natijasida valent qobiq orbitallari to'lgan holga o'tadi. Bir atomli kationlar ishqoriy metallar uchun, bir atomli anionlar galogenlar uchun xosdir. Bunda metallmaslarning elektron qobiqlarining elektron konfiguratsiyasi davriy sistemada shu metallmaslardan keyin joylashgan nodir gazlar konfiguratsiyasiga, metallar esa tashqi valent qobig'idagi elektronlari metallmaslarga o'tgandan keyin, davriy sistemada o'zlaridan oldin joylashgan nodir gazlar konfiguratsiyasiga ega bo'lib qoladi. Aytib o'tilgan holatlarni Na va Cl atomlari orasidagi reaksiya natijasida NaCl molekulasining hosil bo'lishida ko'rib chiqamiz. Natriy atomining elektron konfiguratsiyasi  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  bo'lib, yagona valent elektroni xlor atomiga o'tadi va natriy ionining elektron konfiguratsiyasi neon atomining konfiguratsiyasi ( $1s^2 2s^2 2p^6$ )ga aylanadi. Xlor atomida elektron konfiguratsiya  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  dan argon atomining konfiguratsiyasi ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ) ga o'tadi:



Natriyning 3s-elektroni xlarning 3p-orbitaliga o'tishi natijasida odatda Na<sup>+</sup> va Cl<sup>-</sup> zarrachalar hosil bo'ladi, desak ham haqiqatda natriy atomining NEM ligi nolga teng bo'lmagani sababli elektron zaryadi qisman xlardan natriyga tomon siljigan bo'ladi va Na<sup>0,8+</sup> va Cl<sup>0,8-</sup> holida bo'lishi aniqlangan. Bunday kattalikdagi effektiv zaryadni biz ko'pincha soddalashtirib Na<sup>+</sup> va Cl<sup>-</sup> holida yozamiz.

Quyidagi ikki qatorda molekula hosil qilgan atomlarning NEM liklar farqi bog' tabiatiga qanday ta'sir etishini namoyish qiladi:

V.4-jadval

Molekula	CsCl	BaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	SnCl <sub>2</sub>	BiCl <sub>3</sub>
Δχ, %	2,3	2,1	1,8	1,5	1,2	1,1
Bog'ning ionlik darajasi (i, %)	73	67	55	43	30	26
Molekula	CsF	BaF <sub>2</sub>	MgF <sub>2</sub>	AlF <sub>3</sub>	SnF <sub>2</sub>	BiF <sub>3</sub>
Δχ, %	3,3	3,1	2,8	2,5	2,2	2,1
Bog'ning ionlik darajasi (i, %)	95	90	86	79	70	67

Yuqori qatordagi xloridlarning uchtasi (CsCl, BaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>)da ionli bog' hisyasi ko'proq, ularning qolgan uchtasi (AlCl<sub>3</sub>—BiCl<sub>3</sub>) da qutbli kovalent bog' bo'lsa, ikkinchi qatordagi fluoridlarning hammasida ionli bog' tabiati ustunroq bo'ladi.

## V 8. Ionlarning qutblanishi

Molekula tarkibini tashkil etuvchi ionlar o'zaro ta'sirlashuvi natijasida *indusirlangan dipol moment* paydo bo'ladi (V.10-rasm), natijada ionlar *qutblangan* holatga o'tadi. Shu tufayli ionlar orasidagi tortishuv kuchlaridan tashqari ma'lum darajada kovalent bog' hisyasi ham paydo bo'lishi hisobiga ionlar orasidagi bog' energiyasi ortadi. Ionlarda paydo bo'lgan dipol moment kattaligi ( $\mu_{ind}$ ) zaryadlarni hosil qilgan maydon kuchlanishi (E)ga proporsional bo'ladi:

$$\mu_{ind} = \alpha \cdot E$$

Bu formuladagi proporsionallik koeffitsienti  $\alpha$  *qutblanuvchanlik* deb ataladi.  $\mu_{ind}$  ning kattaligi elektron zaryadining qutblar oralig'idagi masofaga ko'paytmasi  $\mu = e \cdot l$  bilan o'lchanadi.  $\alpha$  ning kattaligi qutblanish natijasida ion hajmi ( $\sim r^3$ ) o'zgarishiga proporsional bo'ladi, shu sababli  $\alpha = r^3 = 10^{-24} \text{ sm}^{-3}$  kattalikka ega bo'ladi.

Qutblanuvchanlik  $\alpha$  bilan tajribalarda aniqlanadigan *molyar refraksiya*  $R_M = 4/3\pi N_A \alpha$  (bu formulada  $\pi = 3,1416$ ,  $N_A$  — Avogadro soni) orasidagi

munosabatdan  $\alpha = R_M/2,52$  ni hisoblash oson.  $\alpha$  ning qiymatiga daxli bo'lgan barcha nazariy holatlarning tabiati aniq emas. Uning qiymatlari turli ionlarning o'zaro ta'sirini taqqoslash natijasida ichki qonuniyatlarni yuzaga keltirib chiqarishga yordam beradi.

Shu jarayonda ionlarning biri ikkinchisi ta'sirida qutblanadi. Natijada *qutblanish* va *qutblovchilik* hodisasi bir vaqtda amalga oshadi.

Ionlarning qutblanishi ulardagi elektron qobig'ining tuzilishi, ion zaryadi va radiusi bilan bog'liq.

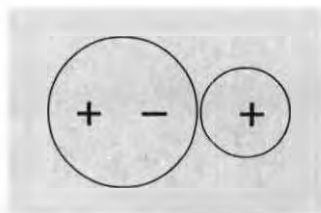
Elektron qobig'ining tuzilishi bir xil bo'lgan ionlarning hajmi va manfiy zaryad kattaligi ortib borishi bilan qutblanish kuchayib boradi.

Temperatura ortib borishi bilan qutblanish kuchayadi, chunki zarrachalarning kinetik energiyasi ortgan sari ular orasidagi tebranma harakat kuchayadi, natijada qutblanish osonlashadi.

Shunday bo'lgan holda, qutblanishning modda xossasiga bog'liqligini hisobga olish kerak. Masalan,  $\text{CaF}_2$  ning suyuq holga o'tishini yuqori temperaturalarda ham amalga oshirib bo'lmagan,  $\text{AuJ}_2$  esa osongina  $\text{AuJ}$  va  $\text{J}_2$  ga parchalanadi,  $\text{CuJ}_2$  esa oddiy sharoitda noturg'un (eritmada mis(JJ) ioniga  $\text{J}^-$  anionini tutgan tuz eritmasi qo'shilganda  $\text{CuJ}$  va  $\text{J}_2$  hosil bo'ladi). Keyingi ikki holda  $\text{J}^-$  anioniga o'xshash oson qutblanadigan anion qutblovchi xossasi katta bo'lgan kationga o'zining elektronini to'la berib yuboradi.

Tashqi valent pog'ona elektronlarining yadroga tortilib turishi zaif bo'lishi sababli, ionlar maydoni ta'sirida valent qobiq deformatsiyasi sodir bo'ladi. Zaryadlari va radiuslari yaqin bo'lgan ionlar valent pog'onasidagi elektronlar soni 8,  $8+n$  va 18 bo'lgan hollarda qutblanish ( $\alpha$ ) ortib boradi, chunki shu tartibda yadro bilan valent qobiq orasidagi masofa ortib boradi, yadroning niqoblanishi ortadi, qutblanish ham kuchayadi, natijada ionning deformatsiyalanishi osonlashib boradi. Ayni element ionining zaryadi ortib borishi bilan qutblanish zaiflashadi, chunki valent pog'onadagi elektronlar soni kamayib borishi tartibida ion radiusi ham kamayadi.

Quyida elektron konfiguratsiyalari nodir gazlarniki kabi bo'lgan ba'zi ionlarda qutblanish va qutblash xossalari ular radiuslari va zaryadlarining o'zgarishi orasidagi munosabat aks ettirilgan:



V. 10-rasm. Zaryad zichligi nisbatan katta bo'lgan kation ta'sirida anionda induktivlangan dipol hosil bo'lishi.

qutblanish ortib boradi						
radius ortib boradi		H	Li <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup>	B <sup>3+</sup>	
		O <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
		S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sc <sup>3+</sup>
		Se <sup>2-</sup>	Br	Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Y <sup>3+</sup>
		Te <sup>2-</sup>	I	Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	La <sup>3+</sup>
radius ortib boradi						
				qublash xossasi ortib boradi	qutblanish darajasi ortib boradi	

Elektron konfiguratsiyasi bir xil bo'lgan izoelektronli ionlarda manfiy zaryad qiymati ortgan sari (masalan,  $Mg^{2+} \rightarrow Na^+ \rightarrow Ne \rightarrow F^- \rightarrow O^{2-}$  qatorida)  $\alpha$  qiymati ham keskin ortib boradi; bu holda quyidagi ikkita vaziyat qutblanish imkoniyatini kuchaytiradi:

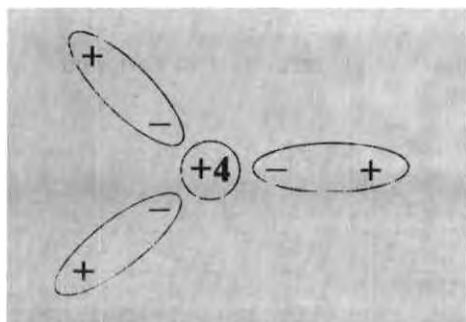
- 1) shu qatorda ionlarning yadro zaryadlari kamayib boradi;
- 2) elektron qobig'ida elektronlar soni yadro zaryadiga nisbatan ortib boradi.

## V 9. Qutblanishning moddalar xossasiga ta'siri

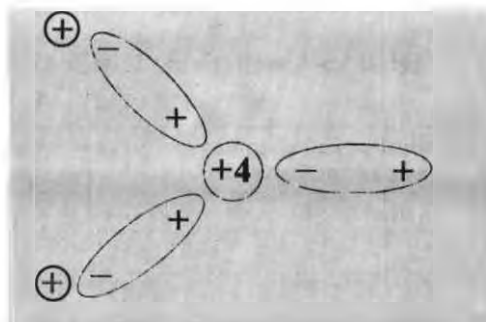
*Teskari qutblanish* jarayoni kislorodli kislota qoldig'iga xos bo'lib, u kuchli qutblovchi kation ta'sirining natijasidir.

Bunday molekullarda kislota hosil qiluvchi metallmas qurshovidagi kislorod atomlari faqat markaziy atomning qutblovchilik ta'siridan tashqari, kuchli qutblovchi kation yoki kislota protoni ta'sirida ham qo'shimcha qutblanadi. Karbonat kislota qoldig'ida markaziy atom ta'sirida, kislorodning qutblari V.11-rasmda ko'rsatilgan holda bo'ladi.

Kislota qoldig'idagi kislorod atomlarining qutblanishi kation (tuzlarda metall ion, kislotada — proton)ning qutblovchilik xususiyati qanchalik katta bo'lsa, shunchalik teskari qutblanish yuzaga kelib chiqishi osonlashadi (V.12-rasm). Bu rasmdagi holatning to'la amalga oshishi shart emas, markaziy atom bilan kislorod atomlari orasidagi elektrostatik tortishuv kuchlari zaiflashishi teskari qutblanish natijasida yuz beradi va barcha kislorodli kislota o'zining tuzlariga nisbatan noturg'unligini tushuntirishga asos bo'ladi. Bu vaziyat faqat kislorodli kislotalargagina taalluqli bo'lib qolmasdan, qanchalik musbat zaryadli ion ta'sirida anion oson qutblanish xususiyatiga ega bo'lsa, shunchalik bunday kislotalarning termik turg'unligi, o'zlarining elektronlarini oson yo'qotadigan xususiyati kuchayadi. Masalan,  $HF - HCl - HBr - HI$  qatorida galoid ionining elektron yo'qotishi osonlashib boradi; HI eritmasida erkin  $J_2$  holiga o'tishi oson bo'lishi sababli eritma qo'ng'ir tusga kiradi.



V. 11-rasm. Karbonat kislota anionida musbat zaryadli markaziy atom maydoni ta'sirida kislorod atomlarining qutblanishi.



V. 12-rasm. Karbonat kislota molekulasidagi protonlar ta'sirida ikkita kislorod atomlarining teskari qutblanishi.

Kislorodli kislota tuzlari termik parchalanishi natijasida metall oksidi va suv hosil bo'ladi. Natriy karbonatning termik dissotsilanishi qiyin, uning suvdagi eritmasiga kislota eritmasi qo'shilsa, hosil bo'lishi kerak bo'lgan karbonat kislota o'rniga suv va uglerod(IV) oksid hosil bo'ladi. Shunday jarayon  $H_2SO_3$ ,  $H_2SiO_3$ ,  $HNO_2$  va boshqa moddalarning noturg'unligiga sabab bo'ladi. Agar shu kislotalardagi markaziy atomlarining oksidlanish darajasi (kremniydan tashqari) yuqorilashsa ( $H_2SO_4$  va  $HNO_3$  hosil bo'lganda) kislotalarning termik turg'unligi ortadi, chunki markaziy atomning radiusi kamayadi, ion zaryadi ortadi, ya'ni markaziy atomning qutblashda proton bilan raqobati kuchayadi. Bunday kislotalarning tuzlarida termik dissotsilanish deyarli kuzatilmaydi.

Bu vaziyat asosida quyidagi xulosaga kelish mumkin: musbat oksidlanish darajasiga ega bo'lgan markaziy atomlarning kislotalari qanchalik termik jihatdan noturg'un bo'lsa, ularning oksidlanib yuqori valentligiga mos keladigan kislotalar hosil qilishi (dissotsilanmagan kislota holdida) shunchalik oson bo'lishi kerak.

Oksidlanish darajalari yuqori bo'lgan elementlarning kislorodli kislotalarida noturg'unlik ortgan sari oksidlovchilik xossalari ortib boradi.

Masalan, turg'unligi kam bo'lgan ionlar  $MnO_4^-$ ,  $ClO_4^-$  neytral va ishqoriy sharoitda ham oksidlovchi xususiyatiga ega, ko'pchilik kislota anionlari faqat kislotali eritmalardagina oksidlovchi bo'la oladi.  $Na_2SO_4$  va boshqa metallar sulfatlarida markaziy atomning oksidlanish darajasi +6 ga teng, bu molekulada  $S^{+6}$  oksidlovchi xossalarga ega emas, lekin konsentrlangan sulfat kislota kuchli oksidlovchi xususiyati ma'lum. Suyuq eritmada  $SO_4^{2-}$  ionlari oksidlovchilik xossani namoyon qilmaydi, kislotali eritmalarda faqat  $H^+$  oksidlovchi bo'ladi. Quyida keltirilgan V.5-jadvalda metall karbonatlarining termik dissotsilanish ( $MeCO_3 \rightarrow MeO + CO_2$ ) temperaturalari bilan kationlarning ba'zi xossalari orasidagi bog'lanish aks ettirilgan.

**Metall karbonatlarining termik dissotsilanish temperaturalari va kationlar xossalari**

Karbonatlar kationlarining ba'zi xossalari	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Sr <sup>+2</sup>	Ba <sup>+2</sup>	Zn <sup>+2</sup>	Cd <sup>+2</sup>
Kation radiusi, nm	0,078	0,106	0,127	0,143	0,083	0,103
α	0,10	0,55	1,02	1,85	0,28	1,05
β	0,83	0,66	0,61	0,56	1,01	0,95
t <sub>parch</sub> , °C	650	897	1200	1350	297	357

Keltirilgan qiymatlardan ko'rinishicha, radiuslari bir-biridan katta farq qilmaydigan kationlar karbonatlarining tashqi elektron pog'onasi nodir gazlarnikiga o'xshash bo'lganda, qutblovchilik xossasi kuchsiz bo'lgan kationlar karbonatlarining turg'unligi yuqoriroq bo'ladi. Yana misol sifatida radiuslari va zaryadlari yaqin bo'lgan kationlar: Na<sup>+</sup>(r=0,098 nm, β=0,38); va Cu<sup>+</sup>(r=0,098 nm, β=0,96); Rb<sup>+</sup>(r=0,149 nm, β=0,31) va Tl<sup>+</sup>(r=0,149 nm, β=0,45) larning galogenli tuzlarining suyuqlanish temperaturasi (°C) haqidagi ma'lumotlarni keltiramiz:

	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>
Na <sup>+</sup>	995	800	750	662
Cu <sup>+</sup>	—	430	488	588
Rb <sup>+</sup>	775	717	680	640
Tl <sup>+</sup>	327	431	461	442

Demak, 8 elektronli kationlar galogenidlarining suyuqlanish temperaturasi 18 elektronli kationlar tuzlarinikidan yuqoriroq bo'ladi, buni kationlarning qutblovchilik xossasi orqali tushunish mumkin.

Kislotalardagi protonning qutblovchilik xossasi yuqori bo'lganligi sababli kislota turg'unligi uning tuzlariga qaraganda ancha kichik bo'ladi. Ushbu holatdan gidroksidlarning termik turg'unligini tushuntirishda foydalanish mumkin. Gidroksidlarning hosil bo'lish va parchalanish sxemasi (oksidlanish darajasi +2 bo'lgan metall ioni uchun) quyidagicha:



ifodalash mumkin. Bu sxemadan ko'rinadiki, E(OH)<sub>2</sub> ning hosil bo'lishi oksid tarkibidagi O<sup>2-</sup> ni suv molekulasini qutblashi natijasi, deb qarash kerak. Metall gidroksidlarning hosil bo'lishi kationning qutblovchilik xossasi ortib borishi bilan qiyinlashadi yoki gidroksidlarning oksid va suv

hosil qilib parchalanishini osonlashtiradi. Haqiqatan, 8 elektronli kationlar gidroksidlari juda turg'un, 18 elektronli ionlar gidroksidlari odatdagi temperaturada oksidlarga aylanadi ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{HgO}$ ).

Quyidagi jadvaldan qutblanish hodisasi asosida moddalarning xossalari-ni tushuntirish mumkin:

Moddalar	$r_e$ , nm	$\alpha$	$\beta$	I, eV	Moddalarning	
					dissotsilanishi	termik turg'unligi
NaCl	0,097	0,19	0,38	5,14	yaxshi	turg'un
KCl	0,133	0,89	0,32	4,34	yaxshi	turg'un
AgCl	0,126	1,63	0,56	7,58	yomon	quyosh nuri ta'sirida parchalanadi
$\text{CaJ}_2$	0,099	0,55	0,66	6,1; 11,9	yaxshi	turg'un
$\text{CuJ}_2$	0,072	0,48	1,03	7,72; 20,29	mavjud emas	

Moddalarning suvda eruvchanligi kation va anion orasidagi bog'ning kovalent xususiyati ortib borishi bilan kamayib boradi. Kumush galo-genidlarida eruvchanlikning florid - yodid qatorida kamayib borishi ( $\text{AgF}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgJ}$  qatorida mol/l larda 15;  $1,0 \cdot 10^{-5}$ ;  $5 \cdot 10^{-7}$  va  $6 \cdot 10^{-9}$ )  $\alpha$  ning qiymati ortib borishi bilan bog'liq.

## V 10. Vodorod bog'lanish

Bunday turdagi bog'lar vodorod atomiga nisbatan NEM qiymati kattaroq bo'lgan elementlar (F, O, N, Cl, S, Br) vodorod bilan bog'langan molekulari ishtirokida sodir bo'ladi. Vodorod atomining NEM qiymati kichikroq bo'lishi sababli unda  $\delta^+$  zaryad zichligi paydo bo'ladi, NEM ligi kattaroq bo'lgan atomda esa shu miqdorda manfiy zaryad paydo bo'ladi.

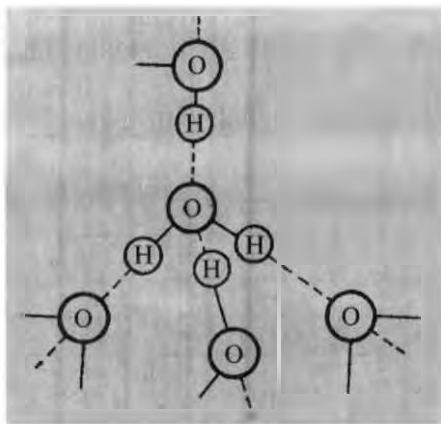
Musbat zaryadga ega bo'lgan vodorod atomi xuddi shunday qo'shni molekularidagi manfiy zaryadlangan elektrmanfiy atomlar bilan qo'shimcha bog' hosil qilishi tabiiydir.

Suv molekulasidagi  $\text{H}^{\delta+}$  zarracha qo'shni molekuladagi  $\text{O}^{\delta-}$  atomi bilan bog'lanib, fazoda ma'lum vaziyatni egallagan bog'lanishni yuzaga keltirib chiqaradi (V.13-rasm).

Vodorod bog'lanish molekularlar orasida sodir bo'ladi, uning hisobiga bir xil molekularlar o'zaro assotsilanadi (**gomoassotsiatlar**); turli xil molekularlar orasida esa **geteroassotsiatlar** hosil bo'ladi.

Muz holdagi suvda har bir kislorod atomi to'rttala vodorod atomi (ulardan ikkitasi kislorod bilan qutbli kovalent bog' hisobiga, qolgan ikkitasi —





V.13-rasm. Suv molekulari orasidagi vodorod bog'lar (uzlukli chiziqlar bilan ifodalangan) tufayli har bir molekuladagi kislorod atomi cho'qqilarida vodorod atomlari o'rnashgan tetraedr markazida joylashishi.

elektrostatik tortishuv hisobiga) bilan bog'lanadi. Bunda kislorod atomi tetraedr markazida joylashgan bo'ladi va muzga xos kristall panjarani hosil qiladi. Suyuq holdagi suvda vodorod bog'i hisobiga o'zaro bog'lanmagan molekullar deyarli yo'q, ularo o'zaro assotsiyanib  $(H_2O)_n$  agregatlarini hosil qiladi. Xona temperaturasida  $n=4$  ga teng bo'ladi va shu sababli suvning qaynash temperaturasi  $+100^\circ C$ .

Vodorod bog'lanish ikki xil asosiy bog'larning hosilasi bo'lib, ulardan biri — qutbli kovalent bog', ikkinchisi esa — elektrostatik tortishuv natijasi-dir. Bu bog'larning energiyalari o'zaro tegishli ravishda 10:1 nisbatiga ega (kovalent bog'ning energiyasi H—F da 565 kJ/mol, H—O da 459 kJ/mol, H—N da 386 kJ/molga teng).

Vodorod bog' hosil qiluvchi elementning nisbiy elektrmanfiyligi o'zgarishi bilan uning qo'shimcha H- bog' energiyasi ham bir me'yorda o'zgaradi. Bu holatni quyidagi ma'lumotlardan ko'rish mumkin (bog' energiyasi kJ/molda):

H—F da 25—40,

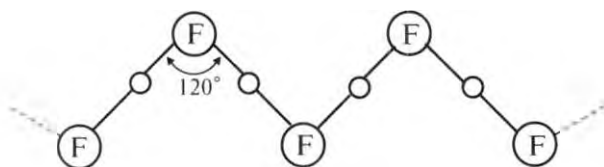
H—O da 12—29,

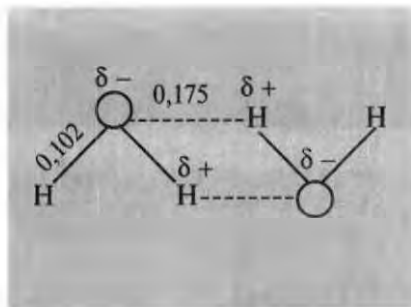
H—N da 8—21.

H—Cl va H—S da bu energiya qiymati yanada kam bo'ladi.

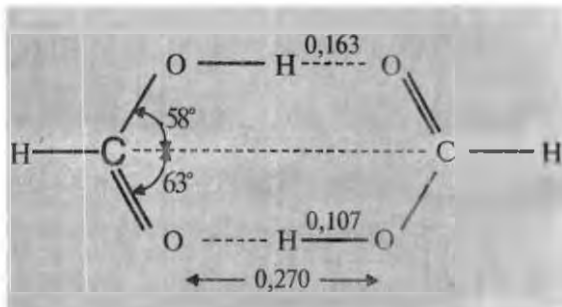
Vodorod bog' hosil qilgan molekuladagi E—H bog'dagi elektron bulutining zichligi yangi bog' tomon qisman siljishi tufayli E—H bog' uzunligi qisqaradi. Masalan, suv molekulasidagi H—O bog' uzunligi 0,102 nm bo'lsa, vodorodning ikkinchi kislorod atomi bilan hosil qilgan qo'shimcha H- bog'ning uzunligi 0,175 nm bo'lishi aniqlangan (V.14-rasm).

Kislota monomerida H—O bog' uzunligi 0,097 nm dan H- bog'i orqali hosil bo'lgan dimerida bu masofa 0,107 nm gacha (10% dan ortiqroq) uzunlashgan.





V. 14-rasm. Suv molekulasining dimerida vodorod bog'larining hosil bo'lishi.



V. 15-rasm. Chumoli kislota dimerining tuzilishi. Kislota monomeridagi H—O bog'ning uzunligi 0,097 nm dan dimerda 0,107 nm gacha uzayganligiga ahamiyat bering.

Tarkibi  $\text{KHF}_2$  bo'lgan molekuladagi diftorgidrogenat  $[\text{F}\dots\text{H}\dots\text{F}]^-$  ionida H—F oraliq masofasi ayrim olingan vodorod fluorid molekulasidagiga nisbatan 0,020 nm ga kattalashgan. Bu aniondagi H-bog'lanish energiyasi odatdagiga nisbatan to'rt martadan ziyod (167,36 kJ/mol) bo'lishini ko'rsatadi. Shu anionga o'xshash  $\text{H}^+$  ning ikkita suv molekulasini bilan hosil qilgan  $(\text{H}_2\text{O}\dots\text{H}\dots\text{OH}_2)^+$  kationida bog'lanish energiyasi 150 kJ/molga yaqin bo'lar ekan.

Vodorod bog' hosil bo'lishi natijasida moddalarning strukturasi quyidagicha o'zgarish yuz berishi mumkin.

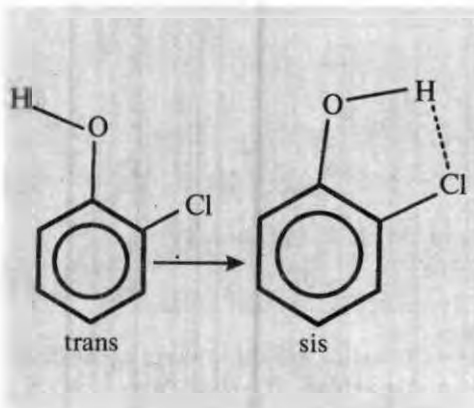
- ko'p molekullari polimer strukturalar hosil bo'ladi;
- ikkita molekula o'zaro assotsilanadi (organik kislotalar dimerlari, suv molekullari);
- vodorod atomi ikkita elektrmanfiyligi katta bo'lgan atomlar qurshovida joylashadi va bunday strukturalar anion holida mavjud bo'ladi ( $\text{KHF}_2$  ning anioni —  $\text{HF}_2^-$ ).

Vodorod bog'ning hosil bo'lishida ikki vaziyat — molekullararo (gomo- va getero — tarkibli) va bir molekuladagi atomlar ishtiroki natijasida hosil bo'lishi mumkin (ichki molekular vodorod bog').

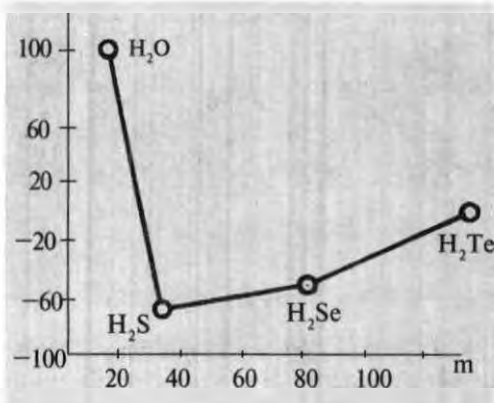
Bunday ichki molekular H-bog' hosil bo'lishi organik moddalarning ko'p funktsionallari molekullarga xos. Masalan, *o*-xlorfenolning to'rtxlorli uglerodagi eritmasida molekulaning 91% miqdori H-bog' tufayli mustahkamroq bo'lgan *sis*-shaklda, qolgan 9% miqdori esa *trans*-shaklda bo'lishi (V.16-rasm) aniqlangan.

H-bog' hosil bo'lishi sistema energetik afzal bo'lgan holatga intilishini ko'rsatadi.

Suv molekulasidagi vodorod ikkinchi molekuladagi kislorod bilan bog'langanda vodorod atomi ikkala kislorod atomi orasida tebranma harakat



V. 16-rasm. *o*-xlorfenol molekulasida vodorod bog' hosil bo'lishi tufayli turg'un holatdagi sis-izomerining hosil bo'lishi.



V. 17-rasm. VIA gruppacha elementlari atomlari gidridlarining qaynash temperaturallari va molekular massalari orasidagi munosabat.

tufayli bir holatda bo'lmagan, u ikki chetki vaziyatlar oralig'ida O—H-- --O va O----H—O bo'lar ekan (neytronografiya tadqiqotlari natijasi).

Vodorod bog' tufayli suyuq suv ko'pgina muhim xossalarga ega:

— suvning suyuqlanish va qaynash temperaturasi VIA gruppacha elementlarining gidridlariga nisbatan yuqori qiymatga ega (V.17-rasm);

— H-bog' hosil bo'lishi natijasida muz kristall panjarasining molekullari oralig'ida bo'shliq bo'lishi tufayli, muzning zichligi suyuq suvnikiga nisbatan kichikroq bo'ladi;

— tashqaridan berilgan issiqlik ta'sirida suv molekullaridan hosil bo'lgan strukturani parchalash uchun ko'p miqdorda issiqlik kerak bo'ladi. Bu esa uni boshqa erituvchilardan keskin farq qilishini, ya'ni uning issiqlik sig'imi kutilmaganda katta bo'lishini tushuntiradi. Atrof-muhit temperaturasi soviganda dengiz suvi atrof-muhitga katta miqdorda issiqlik tarqatadi. Shuning uchun dengiz qirg'og'idagi mamlakatlarda ichki mintaqalarda (masalan, O'rta Osiyo yoki janubiy Sibirda) giga qaraganda iqlim yumshoq bo'ladi.

Vodorod bog'ning hosil bo'lishi tirik organizm uchun juda katta ahamiyatga ega. Oqsil moddalar polipeptid bog' orqali bog'langan, masalan, DNK molekulasida spiral shakl yuzaga keladi. Bunday hollarda karbonil gruppining kislorod atomi bilan polipeptid zanjirdagi aminogruppaning vodorod atomi orasida H-bog'lanish hosil bo'ladi.

Vodorod bog'larni 4 xilga bo'lish mumkin:

- 1) ko'p molekullarni birlashtiruvchi (suvdagi kabi) turi;
- 2) faqat dimerlar hosil qiladigan (karbon kislotalarga xos) turlari;

3) vodorod atomi ikkita molekula anionini bog'lashi (ikkita  $F^-$  dan  $HF_2^-$  floroniy ioni hosil bo'lishi);

4) ichki molekular vodorod bog'lanish (*orto*-xlorfenol, salisil kislota, DNK va RNK molekularining qo'sh spirali hosil bo'lishiga sababchi bo'lgan hollar).

## **V 11. Metall bog'lanish**

Metallarning tashqi valent qobig'idagi elektronlar soni deyarli 3 tadan ortmaydi va bunday elektronlar atom yadrosi bilan juda zaif bog'langan. Metallarga xos bo'lgan asosiy xususiyatlar — issiqlikni yaxshi o'tkazish, yuqori elektr o'tkazuvchanlik, har bir metall atomi atrofida joylashadigan qo'shnilar soni (koordinatsion son) ko'p (8 dan 12 gacha) bo'lishi ularni boshqa turdagi moddalardan farqini va tashqi valent bog'onasidagi elektronlarning o'z yadrolaridan oson uzoqlashishi natijasi ekanligini aks ettiradi.

Elektronlarning juda harakatchan holatda bo'lishga qobiliyatli ekanligiga metall parchasini quyosh nuri bilan yoritilganda fotoeffekt hodisasi yuz berishi orqali ishonch hosil qilish mumkin. Elektronlari nisbatan zaif bog'langan metall atomi musbat ion holiga o'tadi va bunday ionlar kristall panjara tugunlarida joylashadi; ular oralig'idagi elektronlar erkin elektronlar «buluti» yoki «elektron gazi» ni hosil qiladi. Metallarning kristall panjaralari turg'un bo'lishi, musbat zaryadli ionlar va manfiy zaryadli elektronlarning tortishuvi natijasidir. Bir elektron ko'p miqdordagi ionga teng kuch bilan tortishuvi natijasida elektron-yadro orasidagi bog'lanish energiyasi oddiy kovalent yoki elektrostatik bog'larga nisbatan ancha zaif bo'ladi.

Miqdorlari bir-biriga teng bo'lgan harakatchan elektronlar bilan musbat zaryadlangan metall ionlari orasidagi tortishuv kuchlari hisobiga paydo bo'lgan bog'ni *metall bog'lanish* deb ataladi.

Metallarning elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lishi elektronlarning erkin harakati tufaylidir.

Metall ionlari joylashgan ayrim tekisliklar bir-biriga nisbatan siljish imkoniyati ularning cho'ziluvchan, bolg'alanuvchan va ishlov berishga qulayligiga sababchi bo'ladi. Ko'pchilik metallarning suyuqlanish temperaturasi past: Hg — 40°, Cs — 29°, K — 64°, Na — 98°, Sn — 232°, Pb — 328°, Al — 660°, Ba — 727°, Ca — 842°, Ag — 962°, Cu — 895°C bo'ladi (bunday metallardan kristall panjara tuzilishi bilan keskin farq qiladigan metallarning suyuqlanish temperaturalari ham keskin farq qiladi Mo — 2620°, Re — 3190°, W — 2287°C larga yetadi).

## V 12. Valentlik

1. **Valentlik tushunchasi** moddalarning stexiometrik tarkibini anglashda muhim vositalardan biri hisoblanadi. Bu xususiyat molekula hosil qilishda qatnashgan bog'lovchi elektron juftlar soni bilan tavsiflanadi. Bog'lanuvchi atomlarning nisbiy elektrmanfiyliklari bir-biriga teng bo'lgan element atomlari (ikki atomli molekularlar hosil qiladigan elementlar) molekularida bog'lanish tabiati kovalent xususiyatga ega. Kimyoviy bog'lanish uzilganda har bir atom juft hosil qilishga bergan elektronlarini olib qoladi (bog'ning gomo uzilish holati).

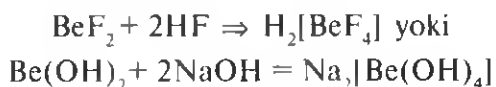
Bunday bog'larni hosil qilishda element atomining faqat toq elektronlarigina qatnashib qolmasdan, uning taqsimlanmagan elektron juftlarining donor-akseptor bog'lanish hosil qilishda qatnashgan miqdori ham hisobga olinishi kerak. Shunday jarayonda qatnashgan donor va akseptor atomlarni ikkalasining ham valentligi ortadi. Boshqacha aytganda, molekula hosil bo'lishida yadrolar oralig'ida bog'lovchi vosita sifatida ishtirok etuvchi elektron juftlar soni ayni elementlar atomlarining valentligiga teng bo'ladi.

2. **Bog'lanish hosil qilishda** qatnashgan elementlarning elektrmanfiyliklari o'zaro katta farq qilganda hosil bo'ladigan **ion bog'lanishda** bir atomdan boshqa atomlarga o'tgan elektronlar soni elektrvalentlik qiymatini hosil qiladi. Bunday elektronlar soni ko'pchilik hollarda grupp tartib raqamiga teng bo'ladi.

3. **Davriy sistemaning** II davridagi element atomlarining elektron konfiguratsiyalari boshqa davr (III—VII davrlar) elementlarinikidan jiddiy farq qiladi. Bu elementlarda  $2s$ - va  $2p$ -pog'onachalargina bo'lishi hisobiga maksimal valentliklari 4 dan ortiq bo'lmaydi, chunki kovalent bog'lanishda toq holdagi elektronlar qatnashishi uchun faqat 4 ta elektron orbitalar ( $s$ -,  $p_x$ -,  $p_y$ - va  $p_z$ -) gina mavjud.

IIA—VIIA gruppachalardagi elementlar o'rta maktabda o'rganiladigan elementlarning ko'pchiligi bo'lgani sababli ular misolida konkret elementlar hosil qilishi mumkin bo'lgan vaziyatlarni ko'rib chiqamiz. Har bir gruppadagi IV va III davr elementlarining valentlik imkoniyatlarini taqqoslash natijasida elektron pog'onalar tuzilishidagi farq elementlar xossalardagi tafovutlarni asoslaydi, bu esa kimyo fanida zarur bo'lgan mantiqiy zanjirning bir qismini tashkil etadi. Biz buni quyidagi holatlarda ko'rib chiqamiz.

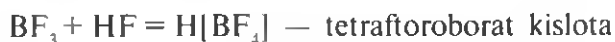
4. **IIA gruppachadagi** Be atomi asosiy holatdan qo'zg'algan holatga o'tganda  $1s^2 2s^1 2p^1$  konfiguratsiyali element faqat ikki valentli bo'lishi mumkinligini asoslaydi (masalan,  $\text{BeO}$ ,  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{BeF}_2$ ,  $\text{BeCl}_2$  va boshqalar). Be atomidagi  $p$ -qobiqchanning ikkita orbitali akseptorlik hisobiga koordinatsion sonini 4 gacha yetkazishi mumkin:



(oxirgi reaksiya shu gruppning yonaki gruppachasidagi  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  uchun ham xosdir). Bu misollarda  $\text{F}^-$  va  $\text{OH}^-$  zarrachalardagi taqsimlanmagan elektron juftlar donorlik xususiyatga ega bo'ladi. Elektron juftlarning ikki yadro oralig'idagi vaziyati ularning yagona yadro maydonida bo'lganiga qaraganda energetik afzalroq bo'ladi. Shu vaziyat hisobiga tetraftor, tetragidroksoberillatlar va boshqa shunga o'xshash birikmalarda berilliy ikkita toq elektroni hisobiga 2 ta valent bog'lanish, ikkita  $p$ -orbitallari hisobiga ikkita donor-akseptor mexanizmli bog'lanish, jami bo'lib 4 ta bog', ya'ni valentligi 4 ga teng bo'lishiga olib keladi.

Ba'zi adabiyotlarda valentlik qiymati 4 o'rniga koordinatsion soni 4 ga teng deb ta'kidlanadi. Berilliyning 4 ta orbitallari 4 ta juftlashgan elektronlar bilan band bo'lishi asosiy vaziyat ekanligi biz uchun ahamiyatga ega.

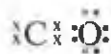
**5. IIIA gruppachadagi bor elementi** qo'zg'algan holatda 3 ta toq elektroni hisobiga 3 ta valentlik, qolgan bitta  $p$ -orbitali hisobiga donor-akseptor bog' hosil qilishi natijasida valentligi grupp raqamidan bittaga katta bo'ladi:



3-davr elementi aluminiyda elektronlar bilan ishg'ol etilmagan  $3p$ - va  $3d$ -orbitallari ishtirokida  $sp^3d^2$ -gibrid orbitallari hisobiga turg'un bo'lgan tabiiy birikmasi  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  — kriolit,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ning mo'l miqdorda olingan ishqor eritmasida erishi natijasida hosil bo'ladigan natriy geksagidroksoaluminat  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$  birikmasida markaziy atom valentligi grupp tartib raqamidan ikki marta yuqori. Bunday vaziyatlarda ma'nosi bo'yicha valentlik tushunchasiga yaqin bo'lgan koordinatsion son haqida so'z yuritish mumkin.

2-davr elementi B ning koordinatsion soni 4 ga, 3- va undan keyingi davr elementlarida shu qiymat 6 ga yetishini, markaziy atomlar radiusi va ular bilan yaqin masofada joylashgan anionlar (ligandlar) radiuslari nisbatlaridan kelib chiqilganda oson tushunish mumkin (shu kitobning «Koordinatsion birikmalar kimyosi» qismiga qarang).

**6. Uglrod atomi** asosiy holatda ikkita toq elektron va bitta vakant orbitalga ega. Bu elementning yagona ikki valentli deb hisoblab kelingan birikmasi — uglrod(II) oksidda uchinchi valentlik imkoniyati bor ekanligi oldingi 4 va 5 holatlardagi kabi amalga oshishi shubhasiz. Bu molekulada ikkita valentlikning amalga oshishini quyidagi elektron formuladan ko'rinadi:



Bu birikmada uglerod bilan kislorod atomlari 4 ta umumiy elektronlarga ega, uglerod atomida 6 ta elektron to'rtta orbitallarni ishg'ol etgan, bitta  $p$ -orbital vakant bo'lib qolgan. Kislorod atomida 8 ta elektrondan ikkita juft elektronlar donorlik vazifasini bajara oladi; ulardan bitta juft uglerodning  $r$ -orbitalida joylashishi ikki yadro oraliq'ida to'rtta emas, oltita elektron bo'lishi energetik turg'unroq holat paydo bo'lishiga olib keladi.



Bu molekulada barcha elektronlar soni 14 ga teng. Xuddi shuncha elektronga ega bo'lgan azot molekulasi (izoelektron molekular)ning ba'zi xossalarni taqqoslash ikkala molekula bir-biriga ko'p xususiyatlari bo'yicha o'xshash ekanligini ko'rsatadi (6-jadval).

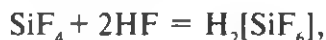
V.6-jadval

#### Izoelektronli molekularlar (CO va N<sub>2</sub>) ning ba'zi umumiy xossalari

Molekulalar	Bog'lanish energiyasi, kJ/mol	Har bir bog'ning energiyasi, kJ	Atomlar oraliq masofasi, nm
N <sub>2</sub>	940	313,3	0,1162
CO	1089	356,3	0,1128

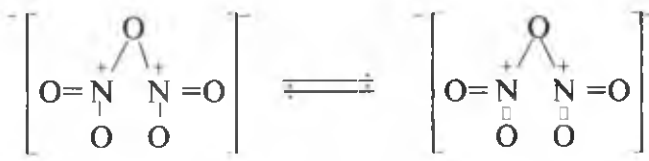
Uglerod atomi qo'zg'algan holatida to'rtta orbitalda to'rtta toq elektronga ega, bu holat atomning maksimal valentligi ham shunday qiy-matdan ortiq bo'lmasligini aks ettiradi.

Kremniy elementining elektron konfiguratsiyasida valent pog'onasi  $3s$ -va  $3p$ -orbitallarda qo'zg'algan holatda 4 ta elektronga ega, lekin bo'sh  $3d$ -pog'onacha hisobiga bu element yana ikkita bog' hosil qila oladi:

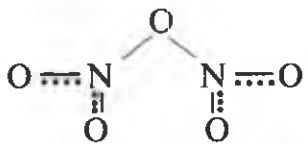


uning natriyli tuzi Na<sub>2</sub>[SiF<sub>6</sub>] suvda yomon eriydigan turg'un birikma. Qo'shimcha ikkita bog'  $d$ -orbital akseptorligi natijasida yuzaga kelib chiqadi.

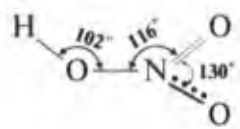
**7. VA gruppacha** elementlarining tashqi pog'onasida uchta toq  $p$ -elektronlar hisobiga uch valentli bo'lishini,  $s$ -orbitaldagi juft elektron (donor-akseptor bog') hisobiga (ammiakning ammoniy ioniga o'tishida) to'rtinchi valentlikni amalga oshiradi. Azotning kislorodli birikmalar hosil qilishida elektrmanfiyligi kattaroq bo'lgan kislorod atomiga bitta elektron o'tganda N<sup>+</sup> da tashqi valent pog'onasidagi to'rtta  $s$ - va  $p$ -orbitallarda to'rtta toq elektron hisobiga N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yoki HNO<sub>3</sub> molekularni hosil qiladi. Azot atomi faqat to'rtta kovalentlikka (toq elektronli to'rtta orbital hisobiga) ega bo'ladi. N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ni ikkita holatning birida bo'lishi shu vaziyatni aks ettiradi:



molekuladagi chetki kislorod atomlari bir-biridan farqi bo'lmisligi sababli zaryadlar delokallashgan holati haqiqatga yaqinroq bo'ladi:

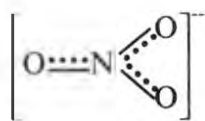


Nitrat kislotaning formulasini



ko'rinishda, kislota tuz-

laridagi nitrat ionini esa



ko'rinishda ifodalash to'g'ri bo'la-

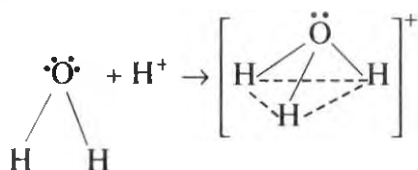
di, chunki tadqiqotlar natijasi bu ionda barcha ONO burchaklari 120°, N—O bog'lar uzunligi bir xil ekanligini ko'rsatadi. Azot atomi 5 valentli bo'lishi uchun 2s-elektronlarning biri 3s-orbitaga o'tishi, ya'ni 2s<sup>2</sup>2p<sup>3</sup> → 2s<sup>1</sup>2p<sup>3</sup>3s<sup>1</sup> vaziyatni amalga oshirish kerak. Bu jarayon uchun sarf bo'ladigan energiya qiymati katta, bu energetik xarajatni hosil bo'ladigan bog'lanishdan ajralib chiqadigan energiya hisobiga to'ldirib bo'lmaydi. Shu sababli azot atomi hech qachon birikmalarida 5 valentli bo'la olmaydi. Bu jihatdan azot shu gruppachadagi o'zining analogi fosfordan farq qiladi. Elektron konfiguratsiyasi 3s<sup>2</sup>3p<sup>3</sup>3d<sup>0</sup> bo'lgan fosforda s-orbitaldagi elektron 3d-orbitallarning biriga o'tishi natijasida sp<sup>3</sup>d-gibridlanish hisobiga fosfor atomi 5 valentli bo'ladi. Uning elektronlar bilan ishg'ol etilmagan d-orbital-lari hisobiga valentligi 6 ga teng bo'ladigan mahsulotlari ma'lum, masalan PF<sub>5</sub> vodorod fluoridni biriktirib markaziy atomning koordinatsion qurshovini 6 tagacha yetkazadi va uchburchakli piramidal shakldagi PF<sub>5</sub> o'rniga simmetriyasi yuqoriroq bo'lgan oktaedr tuzilishiga ega bo'lgan geksaf-torofosfor(V) kislotani hosil qiladi: PF<sub>5</sub> + HF = H[PF<sub>6</sub>].

8. VIA gruppacha elementlarida kislorod bilan boshqa elementlarning valentligi orasida tafovut yana kuchayadi. Bu gruppacha elementlarida tashqi valent pog'onasida ikkita toq elektronlar bo'lishi sababli, atomlar uni oktet holatiga o'tkazishga intilishida valentliklari ikkiga teng bo'ladi. Bu vaziyat

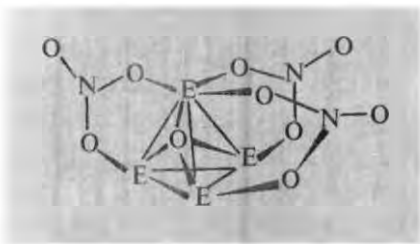


ularning vodorod va metallar bilan hosil qilgan (elektrmanfiylik shu elementlarnikidan kichik) birikmalarida kuzatiladi. Aks holda, ular bilan birikkan elektrmanfiylik kattaroq bo'lgan elementlar bilan hosil qilgan birikmalarida o'zlarining elektronlarini berish hisobiga ulardagi valentlik ikkiga ( $\text{OF}_2$ ,  $\text{SCl}_2$ ,  $\text{SF}_2$  va boshqalar), 3- va boshqa davr elementlari o'zlariga xos valentliklarini maksimal kattalikka — 6 ga yetkazishlari ma'lum.

Kislorod atomi toq elektronlar hisobiga hosil qilgan birikmalaridan tashqari, juftlashgan elektronlari hisobiga valentligi ikkidan katta bo'lgan hollarni ko'rib o'tamiz. Atomning valent pog'onasidagi *s*- va *p*-pog'onachalaridagi taqsimlanmagan elektron juftlar hisobiga 3 va 4 valentli bo'lishi mumkin. 9-sinf darsligida keltirilgan proton gidrati — gidroksoniy ionida kislorodning valentligi 3 ga teng.



Suv molekulari vodorod bog'lar vositasida hosil qilgan molekular kristall panjaradagi kislorod atomi atrofidagi to'rtta vodorod atomlari tetraedr cho'qqilarida, kislorod atomi esa tetraedr markazida joylashgan bo'ladi. Shunga o'xshash holatdagi kislorod atomi to'rtta rux yoki berilliy atomlari qurshovida joylashadi (V.18-rasm).



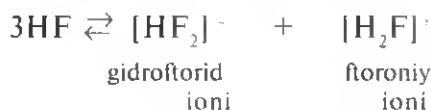
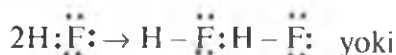
V. 18-rasm. Metalloksigeksanitratning geometrik tuzilishi ( $\text{E}=\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  ioni o'rniga atsetat ioni ham qatnashishi mumkin; bu birikmalarda anionlar bidentat xususiyatga ega; keltirilgan struktur formulada  $\text{NO}_3^-$  ionlarining faqat uchtasi ko'rsatilgan).

Rux va berilliyning oksiatsetat yoki oksinitratlarida kislorod rux yoki berilliy atomlaridan iborat bo'lgan tetraedr markazida joylashgan. Tetraedrning qo'shni cho'qqilaridagi ikkita metall atomlari qirra bo'yicha ko'priksifatidagi ikki dentatli  $\text{NO}_3^-$  yoki  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  gruppallari vositasida bog'langan. Bu rasmda faqat uchta  $\text{NO}_3^-$  gruppallari uchun bog'lanish aks ettirilgan (rasmni soddalashtirish maqsadida), qolgan uchta  $\text{NO}_3^-$  gruppalar tetraedrning pastki qirralari bo'ylab joylashgan bo'ladi.

VIA gruppachadagi qolgan elementlarning tashqi elektron pog'onachalarida elektronlar bilan ishg'ol etilmagan *d*-

orbitallar hisobiga toq elektronlar soni grupp tartib raqamiga — 6 ga yetadi va bu elementlar juft valentliklar (2,4 va 6) ga teng bo'lgan birikmalar hosil qila oladilar. Oltinugurtning bunday birikmalari bilan siz 9-sinfda batafsil tanishgansiz.

**9. VIIA gruppacha** elementlaridagi 2- va 3-davr elementlarining valentlik imkoniyatlaridagi farq yanada kuchayadi. Bu farq, bir tomondan, ftorning eng kuchli elektrmanfiyligi hisobiga bo'lsa, ikkinchi sabab, oldingi guruhlardagi *d*-orbitallar mavjudligi bilan bog'langan. Ftorning I valentli bo'lishi tashqi pog'onaning *p*-pog'onachasi to'lishi uchun I ta elektron bo'lishiga asoslanadi. Lekin, elektrmanfiyligi kuchli bo'lishiga qaramasdan uning uchta taqsimlanmagan elektron juftlaridan bittasi donorlik xususiyatini namoyish qiladi:



Boshqa galogenlarning valentlik namoyon qilish imkoniyatlari ftornikiga qaraganda juda ham boy ekanligi sizga ma'lum.

Shu qismda bayon etilgan ma'lumotlardan kelib chiqadigan xulosalarni jamlaymiz:

**1. 2-davr elementlarining** hosil qilgan birikmalarida valentliklari 4 dan ortiq bo'lmaydi, bu qiymat ularning valent pog'onadagi *s*- va uchta *p*-orbitallar yig'indisiga teng. I, II va III gruppalardagi elementlardan ikkitasi (Be va B) gruppning tartib raqamiga teng bo'lgan valentligi akseptorlik xususiyatiga ega bo'lgan vakant orbitallari hisobi 4 ga yetadi. Bu vaziyatdan kelib chiqqanda, 2-davr elementlarning maksimal valentligi ularning valent pog'onasidagi barcha orbitallar yig'indisiga teng desak, bu holat I—VI gruppalar uchun to'g'ri keladi. I grupp elementlari litiy uchun bu valentlikni namoyon qiladigan birikmalar hali ma'lum emas ( $\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  kristallgidratida koordinatsion son to'rtga teng). Qisqacha xulosa qilib aytganda, valent pog'onasining tarkibiga kiruvchi elektron orbitallar soni (ular ishg'ol etilgan yoki vakant xususiyatga ega bo'lishidan qat'iy nazar) shu elementlarning maksimal valentligiga teng bo'ladi (bundan faqat ftor elementi mustasno).

Uglerod atomi faqat yagona birikmasi CO da uch valentli, qolgan millionlarcha birikmalarida to'rt valentli bo'ladi. Azot va kislorod elementlarining maksimal valentliklari ham 4 dan ortmaydi. Ftor elementi oddiy bir valentlik holatidan tashqari ikkinchi valentligi vodorod bog' hosil qilgan birikmalarida namoyon bo'ladi.

2. 3- va boshqa davr elementlari valentlikni namoyon qilishda 2-davr elementlaridan keskin farq qilishi 2- va 3-qobiqlar tarkibini tashkil etuvchi pog'onachalar soni turlicha bo'lishi bilan asoslanadi. 3-davrdagi elementlarning valentligi 6 bo'lgan hollar ko'proq tarqalgan, turg'un bo'lgan valentlik qiymatlarining toq yoki juft qiymatli bo'lishi grupp tartib raqamining shu xususiyati bilan o'xshash. Masalan, toq (I, III, V va VII) gruppalar elementlarining kislorodli birikmalari orasida toq valentlikka ega bo'lgan turg'un birikmalari keng tarqalgan, II, IV va VI gruppalardagi elementlarning turg'un bo'lgan birikmalarida juft raqamli valentliklari ko'proq uchraydi. Ularning toq valentli birikmalari noturg'un bo'ladi.

Bu vaziyat *s*- va *p*-pog'onachalarning elektronlari *d*-pog'onachaga o'tishi natijasida paydo bo'ladigan juftlashmagan elektronlar soni bilan bog'liq. Elementlarning valentligi ko'pchilik hollarda (VII gruppadan tashqari) 6 dan oshmaydi. Valentlik yuqorilashib borishi hisobiga markaziy atom radiusi kamayadi va uning atrofida joylashishi mumkin bo'lgan manfiy zaryadli (anion) yirik zarrachalar orasidagi itarishish natijasida markaziy atomning koordinatsion soni ko'pchilik hollarda cheklangan qiymatga ega bo'ladi.

Ikkinchi va uchinchi davrdagi elementlar orasida, ko'pchilik hollarda, radiuslar keskin farq qiladi. Masalan:  $C^{+4}$  va  $Si^{+4}$  larning radiuslari mos ravishda 0,020 va 0,039 ni,  $N^{+5}$  va  $P^{+5}$  lar uchun 0,015 va 0,035 nm, bu elementlar atrofida koordinatsion son turlicha bo'ladi:  $H_2CO_3$ ,  $H_4SiO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$  va  $NF_3$  mavjud,  $NF_5$  hosil bo'lishi mumkin emas. Uglerodda valent elektronlar faqat *s*- va *p*-orbitalar hisobiga, kremniyda esa ulardan tashqari *3d*-orbital akseptorlik xususiyatiga ega bo'lishi tufayli  $CO_2$  bilan  $SiO_2$  orasidagi katta farqni tushuntirishga yordam beradi.

Quyidagi jadvalda bu ikki molekulaga tegishli ma'lumotlar to'plangan.

V.7-jadval

**$CO_2$  va  $SiO_2$  molekularining muhim xususiyatlar**

Xususiyatlar	Molekulalar	
	$CO_2$	$SiO_2$
Agregat holati	gaz	qattiq
Suyuqlanish temperaturasi, °C	-56,6	1610
Molekularning geometrik shakli	chiziqli	tetraedr
E—O bog'lanish energiyasi, kJ/mol	359	445
E—H bog'lanish energiyasi, kJ/mol	414	319
E—E bog'lanish energiyasi, kJ/mol	348	222
$EO_2$ ning hosil bo'lish entalpiyasi, kJ/mol	-393,5	-905,4
Gibridlanish turi	$sp$	$sp^3$
Bog'lar xillari	$2\sigma+2\pi$	4 ta $\sigma$ va qo'shimcha 2 ta $\delta$ -bog'lanish

Bu ma'lumotlardan ko'rinishicha, Si atomi radiusi C dan katta bo'lishiga qaramasdan, Si—O bog'  $\sigma$ -bog'dan tashqari qo'shimcha bog' hisobiga C—O bog'dan mustahkamroq. Si—Si va Si—H bog'lar C—C va C—H bog'lardan zaifroq bo'lishi ular da qo'shimcha bog'lanish hosil qilish imkoniyati yo'qligi tufayli yadrolari oraliq masofasining bog'lanish energiyasiga ta'siri ko'zga yaqqol tashlanadi.

Qo'shimcha  $\pi$ -bog'lanish mavjudligi Si...E...Si va, ayniqsa, Si...O...Si turdagi *geterozanjirlarning* mustahkam bo'lishi va ularning Yer po'stlog'ida *silikat* minerallari ko'rinishida juda keng tarqalgan bo'lishini sababidir.

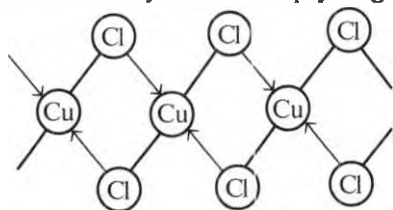
Kislorod atomlarining taqsimlanmagan elektron juftlari ikki yadro (Si va O) oralig'ida joylashishi sistemani mustahkamlaydi, natijada kremniy atomining effektiv zaryadi oksidlanish darajasidan kamayadi, qo'shimcha ikkita donor-akseptor bog' molekuladagi bog'lanish energiyasini CO<sub>2</sub> nikiga qaraganda yanada kattalashtiradi, molekula ulkan polimer tuzilishga ega bo'ladi.

Kimyoviy bog'lanish nazariyasini rivojlanishi natijasida paydo bo'lgan *molekular orbitalar nazariyasi* *dativ bog'* yuzaga chiqib kelishini quyidagicha tushuntiradi. Bog'langan atomlardan birining taqsimlanmagan elektron jufti ikkinchi atomning *d*-yoki *p*-orbitaliga o'tadi. Bu atomda elektron zichligi ortishi hisobiga boshqa taqsimlanmagan elektroni birinchi atom orbitaliga o'tadi; natijada ikki atom orasida qo'shimcha bog'lar hosil bo'ladi.

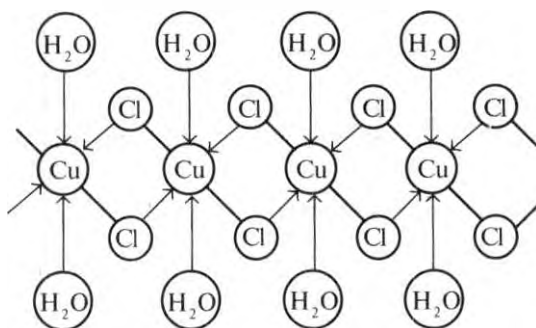
Bu holatni hatto yuqori temperaturada bog' holatida mavjud bo'lgan ishqoriy metallarning ikki atomli molekullari Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub> va boshqa shularga o'xshash Cu<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub> va Au<sub>2</sub> molekullarning turg'un bo'lishi ikkinchi turdagi molekullarda bog'lanish energiyasi 4--5 marta yuqori (ishqoriy metallar molekulasida 40--50 kJ/mol bo'lsa, mis gruppachasi metallarining hosil qilgan molekullari energiyasi yuqoridagi qatorga mos ravishda 194,56; 156,9 va 209,2 kJ/molga teng). Ishqoriy metallar molekullarida bog'lanish faqat *s*-orbitalarning qoplanishi natijasi bo'lsa, mis gruppachasidagi atomlar orasidagi bog'lanish bir atomning *nd*-orbitalaridagi taqsimlanmagan elektron juftlarining ikkinchi atomning vakant  $(n+1)p$ -orbitalariga delokallanishi natijasida qo'shimcha energetik yutuq paydo bo'ladi.

Umuman olganda, bog'lanuvchi atomlar yadrolarining itarishishini mumkin qadar zaiflashtirib, bog'lanish imkoniyatini oshirish vaziyatlariga misollar koordinatsion birikmalar kimyosida ko'p uchraydi.

Masalan, CuCl<sub>2</sub> jigarrangli kukun moddada mis ikki valentli ekani formulasidan aniq, lekin uni fazoviy tuzilishi quyidagicha ifodalanadi:



Unda mis atomlari to'rtta xlor atomlari, har bir xlor atomlari esa ikkita mis atomi bilan bog'lanishi polimer struktura kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Bu modda nam havodan suv molekularini oson biriktirib oladi va ko'k-yashil tusdagi yanada murakkabroq, empirik formulasi  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bo'lgan polimer strukturali moddani hosil qiladi:



Keltirilgan misollar ko'p hollarda kuzatiladigan vaziyat — elementlar ma'lum miqdorda ionli, kovalent, donor-akseptor va dativ bog'lar hosil qiladi, mumkin qadar (imkoniyat bor bo'lgan holdagina) elektronlar ko'proq yadrolar oralig'ida joylashishi hisobiga bog'lanish puxtalashadi, sistema energiyasi pasayadi, molekula turg'un holatga o'tadi.

### **V 13. Oksidlanish darajasi**

Bu xususiyat molekula hosil qilgan elementlar uchun muhim bo'lib, uning mohiyati quyidagi vaziyatdan kelib chiqadi.

Bog' hosil qilishda qatnashgan elementlarning NEM qiymatlari farq qilsa, bog'lovchi elektronlar bulutining zichligi NEM qiymatlari kattaroq bo'lgan element tomon siljiydi, natijada bog' qutbli xususiyatga ega bo'ladi. Kimyoviy jarayonda shunday bog'lar uzilganda (masalan, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida) har bir element ma'lum kattalikdagi zaryadga ega bo'ladi. Bu zaryadlarni atomlarning *oksidlanish darajasi* (o.d.) deb yuritiladi. Bu xossa birikmadagi har bir element uchun o'ziga xos bo'ladi.

Misol tariqasida oltingugurt(IV) oksid tarkibidagi elementlarning o.d. qiymatlari  $\text{S}^{+4}$  va  $\text{O}^{-2}$  bo'lishini topishda bu element atomlarining NEM qiymatlari ( $\chi_s=2,5$  va  $\chi_o=3,5$ ) ga asoslandik. Topilgan o.d. kattaligi mazkur elementlarning valentligi bilan bir xil. Lekin, CO molekulasidagi har bir element atomlari uch valentli, o.d. qiymatlari esa  $\text{C}^{+2}$  va  $\text{O}^{-2}$  ga teng.

Kimyoviy birikmalardagi ayni element atomlarining o.d. qiymatini aniqlashda quyidagi holatlarga asoslanish kerak:

1. Oddiy moddalar (ikki atomli gazlar —  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$ ,  $N_2$  va boshqalar) tarkibidagi atomlarning o.d. si nolga teng.

2. Metall atomlari birikmalarda faqat musbat o.d. ga ega bo'ladi.

3. Ftor (o.d.=-1), ishqoriy metall atomlari (+1), ishqoriy-yer metallari (+2) va shunga o'xshash o'zgarmas valentli elementlar doimiy o.d. qiymatiga ega.

4. Vodorod +1 va -1 (faqat metallarining gidridlarida) o.d. ga ega bo'lishi mumkin. Kislorod atomi ko'pincha -2, peroksidlarda -1, ftorli birikmalarda +2 o.d. ga ega bo'ladi.

5. Metallmaslar atomlarining o.d. qiymati ular qurshovidagi element atomlarining o.d. qiymatiga qarab musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin.

6. Molekula tarkibidagi hamma atomlar o.d. qiymatlarining yig'indisi nolga, murakkab yoki oddiy bir atomli ionlarda ion zaryadiga teng bo'ladi.

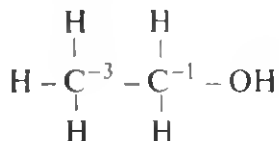
7. Elementlarning tashqi valent pog'onasidagi hamma elektronlari bog' hosil qilishda qatnashganda uning kattaligi element joylashgan grupp raqamiga teng bo'ladi. Qolgan hollarda element atomi oraliq o.d. ga ega bo'lishi mumkin.

8. Metallmaslarning yuqori musbat va pastki manfiy o.d. larining absolut qiymatlari yig'indisi 8 ga teng bo'ladi.

9. Vodorod va kislorod bilan bog'lanmagan metallmaslar bilan NEM qiymati katta bo'lgan metallmas manfiy zaryadli o.d. ga ega bo'ladi. Shu metallmasning o.d. si uning odatdagi manfiy ioni zaryadiga teng bo'ladi (masalan,  $H_2S$  da  $H^+$  va  $S^{-2}$ ;  $SF_6$  da  $F^-$  va  $S^{+6}$ ).

10. Organik moddalarda uglerod atomlarining o.d. qiymati turlicha bo'lishi mumkin. Ulardagi uglerodning o.d. qiymatini, asosan, struktur formulasidagina to'g'ri aniqlash mumkin.

11. Tuzilishi murakkab bo'lgan molekullardagi atomlarning o.d. sini aniqlash uchun molekulaning struktur formulasini tuzish talab etiladi. O.d. qiymatini moddaning umumiy formulasi asosida bir necha elementlar uchun o'rtacha qiymatdan topish xato natijaga olib keladi. Masalan, etil spirtidagi uglerod atomlarining o'rtacha o.d. qiymati umumiy formulasi bo'yicha hisoblanganda -2 ga teng bo'ladi. Struktur formulada esa har bir uglerod atomi uchun o.d. si ikki xil bo'ladi:



Elementning o.d. sining musbat qiymati ortishi va radiusi kichiklashganda elementning bog'lanishidagi ionlik darajasi va bog' mustahkamligi ham ortadi.

Davriy sistemaning bir gruppasi chegarasida elementlarning bir xil turdagi birikmalari (masalan,  $\text{EH}_n$ )dagi bog'larning mustahkamligi bog' uzunligining qisqarishi va o.d.ning ortishi bilan proporsional tarzda ortadi.  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  molekulasidagi 4 ta uglerod atomlarida 10 ta manfiy zaryad bo'ladi. Har bir atomga  $10:4=2,5$  qiymatli o.d. si emas, molekula o'rtasidagi ikkita uglerod atomlarida  $-2$  dan, chetdagi 2 atomda  $-3$  tadan bo'lgandagina uglerod atomlarining o.d. qiymatlari to'g'ri topilgan bo'ladi.

Binar molekularlar hosil qilishda qatnashgan chetki atomlarning NEM qiymatlari bir xil bo'lganda ( $\text{NCl}_3$  va  $\text{CS}_2$  kabi molekularlarda), molekularidagi atomlarning o.d. lari nolga teng bo'ladi.

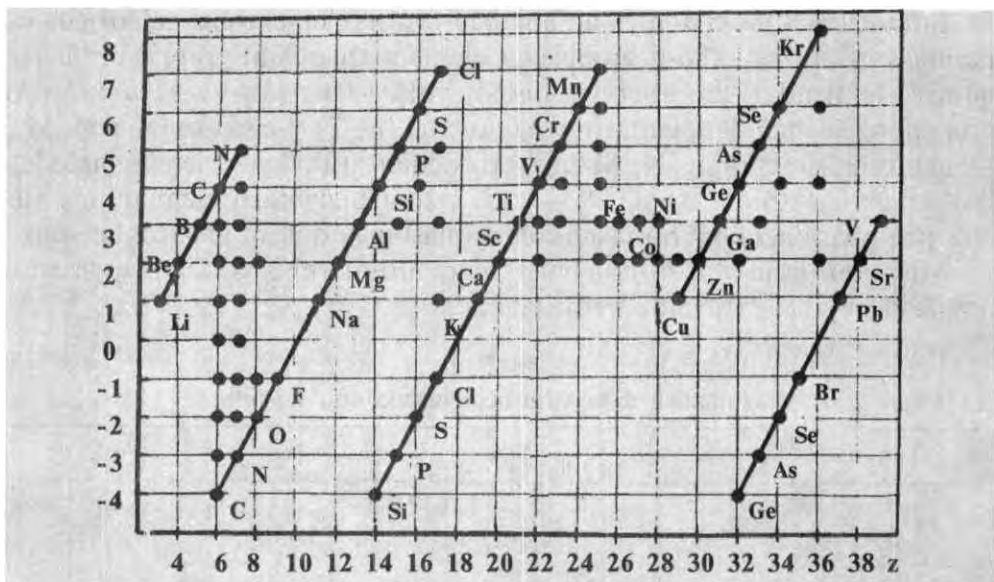
Ba'zi o'quv qo'llanmalarida murakkab moddalar aralashmasidagi har bir modda tarkibidagi elementlarning o.d. sini ayrim-ayrim hisoblash o'rniga o'rtacha qiymat kattaligini hisoblash taklif etiladi. Masalan,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dagi temir atomlari uchun o'rtacha o.d. qiymati  $+8/3$  taklif etiladi. Bu modda  $\text{FeO}$  va  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ning ekvimolar aralashmasidir, ulardagi temirning o.d. si  $+2$  va  $+3$  ekanligi formulalardan ko'rinib turibdi. Shunga o'xshash vaziyatni toluol molekulasida ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$ )dagi uglerod atomlarining o'rtacha o.d. si  $+8:7 = +1,14$  ga teng bo'ladi. Struktur formulasi bo'yicha hisoblanganda esa  $\text{CH}_3$  radikalidagi uglerod atomi uchun o.d. qiymati  $-3$ ,  $\text{CH}_3$  gruppasi bilan bog'langan uglerod uchun o.d. nolga teng, qolgan beshta uglerod atomlari uchun  $-1$  ga teng bo'ladi. Shundagina molekularidagi barcha atomlarning o.d. larining algebraik yig'indisi  $-3 + (-1) \cdot 5 + 0 + 8 = 0$  ga teng bo'ladi (bu tenglikdagi  $+8$  molekularidagi 8 ta vodorod atomlarining o.d. qiymatlari yig'indisiga teng).

Molekularidagi uglerod atomlari turli xil o. d. ga ega bo'lishi shu moddaning oksidlanish reaksiyasi uchun koeffitsientlarni tanlashda elektron balans yoki yarim reaksiya sxemasini tuzish uchun faqat  $-\text{CH}_3$  gruppadagi uglerodnigina hisobga olish to'g'ri natijaga olib keladi. Yuqorida  $-\text{CH}_3$  radikali bilan bog'langan benzol halqasidagi uglerod atomi orasidagi bog'dagi elektron juft oksidlanish jarayonida qayta taqsimlanishga uchraydi. Bunday elektronlar ikkala atom orasida bittadan (teng miqdorda) elektron juftlashishidan hosil bo'lgan edi, endi ular yana boshlang'ich atomlarga qaytib keladi, natijada  $\text{CH}_3$  gruppasi bilan birikkan halqadagi uglerod atomi uchun o.d. nolga teng bo'ladi.

Murakkab sxemalarda o. d. qiymatini hisoblash qiyin emas, uning uchun elementlarning NEM qiymatlarini bilishgina kifoya.

Davriy sistemadagi elementlarning gruppasi raqami uning eng yuqori o.d. ga teng bo'ladi.

Davriy sistemadagi tartib raqami 1—39 bo'lgan elementlarning birikmalarida kuzatiladigan o.d. qiymatlari V.19-rasmda keltirilgan.



V. 19-rasm. Davriy sistemadagi 39 ta elementning keng tarqalgan oksidlanish darajalari. Elementlarning yuqori va past oksidlanish darajalari va yadro zaryadi orasida munosabatda (ular to'g'ri chiziq bilan birlashtirilgan) davriylikning kuzatilishi.

Mazkur element uchun eng kichik manfiy o.d. si uning eng yuqori musbat o.d. dan sakkizni ayirgan qiymatga teng bo'ladi.

Bu vaziyatdan mustasno bo'lgan hollar quyidagilardir:

1. Ikkinchi davr elementlaridan fluor va kislorod.
2. Kobalt, nikel va ularning V va VI davrdagi analoglari to'rtta nodir metallar (rodiy, palladiy, iridiy va platina) ning yuqori o.d. qiymati 8 dan kichik.
3. IB gruppachadagi mis va oltin uchun yuqori o.d. qiymati 1 dan katta —  $+2$   $+3$   $+3$   $+7$   $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_3[\text{CuF}_6]$ ,  $\text{AuF}$  bo'lgan birikmalar ma'lum.

4. Murakkab moddalar tarkibidagi bir xil element uchun (2 dan ortiq) zanjir hosil qilgan birikmalar (masalan,  $\text{H}_n\text{N}_m$ ,  $\text{H}_n\text{S}_m$ ,  $\text{P}_n\text{S}_m$  kabi moddalar) dagi N va S elementlarining o.d. sining o'rtacha qiymatini hisoblash o'rinsiz bo'ladi.

5. Shunga o'xshash vaziyat metallararo birikmalarda  $\text{Mg}_3\text{Co}$ ,  $\text{MgCu}_2$ ,  $\text{MgZn}_2$ ,  $\text{Cu}_3\text{Au}$ ,  $\text{Fe}_3\text{Al}$  va boshqalarda kuzatiladi. Bu holda ham odatdagi ravishdagi o.d. qiymatini aniqlash to'g'ri bo'lmaydi.

Har qanday hisoblarni bajarish uchun, rasman, matematik ifodani topish mumkin. Shu nuqtayi nazardan o.d. qiymatlarini rasmiy usulda hisoblash uchun qiziqqan o'quvchilarga quyidagi formulani tavsiya etish mumkin:

$$\text{o. d.} = N_g - (N_0 + N_e)$$



Bu formulada  $N_g$  — o.d. qiymati aniqlanayotgan elementning valent pog'onasidagi  $ns$ - va  $np$ - (bosh gruppacha elementlari uchun grupp tartib raqami) elektronlar sonining yig'indisi; yoki —  $ns$ - va  $(n-1)d$  (yonaki gruppacha elementlari uchun) yoki  $ns$ - va  $(n-2) f$ -elektronlar soni;  $N_b$  — mazkur elementning NEM qiymati kichikroq bo'lgan elementlar bilan bog'langan elektronlar soni;  $N_c$  — o.d. si aniqlanayotgan elementning valent pog'onasidagi bog' hosil qilishda qatnashmay qolgan elektronlar soni.

Misol tariqasida ba'zi molekullardagi atomlarning o.d. lari qiymatini aniqlash quyidagi jadvalda keltirilgan:

V.8-jadval

### Oksidlanish darajasini hisoblashga doir misollar

Atomlat	$N_g$	$N_b$	$N_c$	o.d.
H	1	0	0	+1
O	6	4	6	-6:3=-2
Cl	7	0	2	+5
N≡C≡N:				
H	1	0	0	+1
C	4	2	0	+2
N	5	0	2	-3
C=O				
C	4	0	2	+2
O	6	6	2	-2

### Savol va topshiriqlar

- ?
- Quyidagi zarrachalardagi markaziy atom (MA) valentligini (ikki markaz oraliqidagi juft elektronlar sonini) aniqlang.
    - $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{H}_2[\text{BeF}_4]$ ,  $\text{SO}_2$
    - $\text{AlF}_6^{3-}$ ,  $\text{NF}_4^+$ ,  $\text{SiF}_6^{2-}$
    - $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{CO}$
  - Quyidagi molekullarning fazoviy geometriyasini aniqlang.
    - $\text{CCl}_4$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$
    - $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{IF}_5$
    - $\text{SF}_4$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{XeF}_2$
    - $\text{XeF}_4$ ,  $\text{ClF}_3$ ,  $\text{AlI}_3$
  - Quyidagi molekullarda markaziy atomlarining valent elektronlari qanday turdagi gibrid orbitallar hosil qilgan?

- A)  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{H}_2[\text{BeF}_4]$ ,  $\text{Na}_2[\text{SiF}_6]$   
 B)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $[\text{NH}_4]\text{Cl}$   
 C)  $\text{SF}_4$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SF}_6$   
 D)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{ClF}_3$

4. Markaziy atom atrofidagi quyidagi gibrid orbitallar qanday fazoviy holatda joylashgan bo'ladi?

- A)  $sp^-$ ,  $sp^2^-$ ; B)  $sp^3^-$ ; C)  $sp^3 d^2$ ,  $sp^3 d^2^-$ ,  $sp^3 d^-$ ,  $sp^3 d^-$

5.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  va  $\text{SiO}_2$  molekularida kuzatiladigan xususiyatlarni quyidagi jadvalga joylashtiring.

	Molekula/xossa	$\text{SO}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{SiO}_2$		Molekula/xossa	$\text{SO}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{SiO}_2$
1.	Markaziy atom (MA) valentligi				4.	MA ning gibridlanish turi			
2.	MA ning to'yinganligi				5.	MA atrofidagi atomlarning fazoviy holati			
3.	MA ning juft elektronlar soni				6.	Molekulaning qutbliligi			

6. Quyidagi molekular  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  va  $\text{HF}$  dagi atomlarning elektrmanfiyliklaridagi farqni aniqlab, molekular qutbliligi kamayib borish qatorini tuzing.

7. Oltinugurtning uglerod, brom, vodorod va kaliy bilan hosil qilgan bog'larining turi qanday, ularning fazoviy geometriyasi haqida (gibridlanish turi, bog'lar soni, taqsimlanmagan elektronlar soni) nimalarni bilasiz?

## Testlar

1. Quyidagi molekularning anionlaridagi markaziy atomlarining fazoviy shakllari qanday bo'ladi?

- 1) xlorit kislota; 2) kaliy sulfit; 3) kaliy permanganat

- A) to'g'ri chiziqli, tetraedr, uchburchakli piramida;  
 B) burchakli, uchburchakli piramida, tetraedr;  
 C) to'g'ri chiziqli, tetraedr, teng tomonli uchburchak;  
 D) teng tomonli uchburchak, tetraedr, to'rtburchakli piramida;  
 E) tetraedr, to'g'ri chiziqli, uchburchakli piramida.

2. Hidroksoniy kationida kislorod atomining valentligi (a), ionning geometrik shakli (b) va gibridlanish turi (c) ni ko'rsating.

- A) a-2, b-tetraedr, c- $sp^2$ ;  
 B) a-2, b-uchburchakli piramida, c- $sp^3$ ;  
 C) a-3, b-uchburchakli piramida, c- $sp^3$ ;  
 D) a-3, b-tetraedr, c- $sp$ ;  
 E) a-3, b-to'rtburchakli piramida, c- $sp^2$ .

Har qanday modda tashqi sharoitga qarab uchta agregat holatda bo'lishi (gaz, suyuq va qattiq) mumkin. Qattiq holdagi moddalar bir necha bir-biriga chegaradosh bo'lgan turlarga — *amorf* (shishasimon, yuqori elastik, polimer tabiatli) va qattiq *kristall* holatlarda bo'lishi mumkin. Tashqi sharoit ta'sirida bir moddaning o'zi ham bir necha xil kristall holatlarga — *polimorf* (allotropik) shakllarga ega bo'lishi mumkin (olmos va grafitni eslang).

Moddalarning turli xil agregat holatlarda bo'lishi ular zarrachalari orasidagi ta'sirlashuv darajasi turlicha bo'lishi natijasida yuzaga kelib chiqadi.

Past temperaturalarda zarrachalar ma'lum darajadagi muntazamlik bilan joylashgan bo'lib, ular orasidagi tortishuv kuchlari tebranma harakat energiyasidan yuqori bo'lishi sababli qattiq holatda bo'ladi.

Amorf tuzilishga ega bo'lgan moddalar zarrachalari tartibsiz joylashgan agregatlardan tashkil topgan bo'lib, ular aniq suyuqlanish temperaturasiga ega bo'lmaydi, qizdirilganda asta-sekin yumshaydi, oldingi shaklini yo'qotadi va nihoyat, qizdirish davomida suyuq holga o'tishi mumkin. Bunday tuzilishga ega bo'lgan qattiq moddalarni tashkil etuvchi zarrachalar muntazam tuzilishga ega bo'lmaydi, ular zarba ta'sirida shakllari turlicha ko'rinishga ega bo'lgan bo'lakchalarga maydalanadi (shisha, smola, kesak va g'isht bo'lakchalari).

Kristall holatdagi moddalar zarrachalari bir-biriga nisbatan muntazam takrorlanadigan zarrachalar (molekula, atom, ion) dan tashkil topadi, ma'lum fazoviy tuzilishga ega bo'ladi. Bunday moddalar mexanik ta'sir natijasida muntazam va turli ko'rinishga ega bo'lgan mayda kristallar hosil qiladi.

Temperatura yuqorilashganda tebranma harakat energiyasi zarrachalar orasidagi tortishuv energiyasidan ortib ketishi sababli zarrachalar tebranma va aylanma harakatdan tashqari, *suyuq* agregat holatga o'tishiga olib keladigan ilgarilama harakatda ham qatnashadigan bo'ladi.

Yuqori temperaturalarda *gaz* holatdagi moddalar zarrachalari orasidagi masofa keskin kattalashadi, modda zarrachalari bir-biridan ajralgan holatda erkin harakatda qatnashadi.

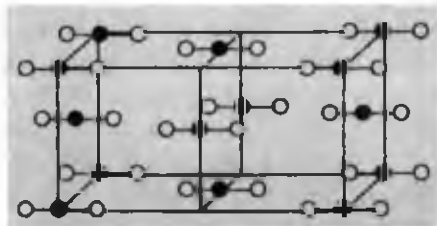
Juda yuqori temperatura ( $10^5$ – $10^7$  gradus)larda gaz holdagi modda zarrachalarining ayrim atomlari, ionlar, elektronlar, hatto elektronlarni yo'qotgan yadrolardan tashkil topgan *plazma* holati yuzaga keladi.

## VI 1. Kristall panjaralar turlari

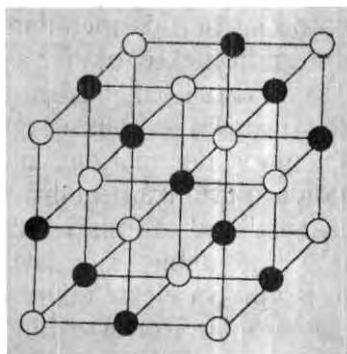
Ko'pchilik qattiq moddalarning har bir zarrachasi fazoda ma'lum tartibda joylashgan bo'lib, ularni bir-biri bilan fikran birlashtiruvchi chiziqlar sistemasi moddaning *kristall panjarasi*, chiziqlarning kesishgan o'rinlarini *panjara tugunlari* deb ataladi. Shu tugunlarda moddalar zarrachalari joylashgan bo'ladi, zarrachalar tabiatiga qarab kristallarning 4 xili: molekular, ion, atom va metall kristall panjaralar ma'lum.

**Molekular kristalls panjaralar** tugunlaridagi molekullarda qutbsiz yoki qutbli kovalent bog'lanish mavjud bo'lib, ularning atomlari orasidagi bog'lanish energiyasi molekullar orasidagiga nisbatan mustahkam bo'lishi sababli, bunday kristallar suyuq holatga o'tganda ham ayrim-ayrim molekullardan tashkil topgan bo'ladi (VI.1-rasm). Kristall yoki suyuqlangan holatda molekullar orasida zaif molekullararo kuchlar, agar molekullari qutbli kovalent tabiatga ega bo'lsa, ularning qutblari orasida qo'shimcha *dipol-dipol* ta'sirlashuv ham yuzaga keladi.

Bunday kristall panjara hosil qiladigan moddalar past temperaturada qattiq holatga o'tishi mumkin bo'lgan (deyarli barcha organik moddalar), ba'zi anorganik moddalar [ammiak, uglerod(IV) oksid — «quruq muz», suv, yod, galogenvodorodlar kristallari, oddiy gaz moddalar —  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ , nodir gazlar, oq fosfor, oltingugurt modifikatsiyalari va boshqalarni ko'rsatish mumkin. Bunday kristall moddalarning ba'zilari oddiy sharoitda suyuq holatga o'tmasdan bug'lanishi mumkin. Bunday moddalarga yod, naftalin,  $CO_2$  va boshqalarni keltirish mumkin. Ular uchun xos bo'lgan umumiy xususiyatlar sifatida ulardagi kovalent bog'li molekullar ishtirokida amalga oshadigan molekullararo bog'lanish oddiy kimyoviy bog' energiyasiga qaraganda 100 martalar kuchsiz bo'lishi tufayli juda past tem-



VI. 1-rasm. Uglerod(IV) oksid kristall panjarasining tuzilishi.



VI. 2-rasm. Osh tuzi kristall panjarasining tuzilishi.

peraturalarda suyuqlanishi va qaynashi mumkin, ularda qattiqlik xususiyati deyarli bo'lmaydi. Ularga xos bo'lgan xususiyatlardan muhimlari — suvda kam yoki yomon eriydi, organik erituvchilarda yaxshi eriydi, suvdagi eritmaları elektr tokini o'tkazmaydi.

**Ionli kristall panjaralar** tugunlarida kation va anionlar joylashadi. Bunday kristall panjara tugunlaridagi ionlarning qo'shni tugunlarida qarama-qarshi zaryadga ega bo'lgan ionlardan bir nechitasi joylashishi mumkin. Masalan, VI.2-rasmda keltirilgan osh tuzi kristall panjarasida har bir natriy kationi atrofida oltita xlor anioni va har bir xlor anioni atrofida shuncha natriy kationi joylashgan bo'ladi. Shu sababli, bunday kristall panjaralarda molekullar yo'q, bunday moddalarda tugunlar soni cheksiz — modda polimer tuzilishga [osh tuzini shu holatini aks ettirish uchun (NaCl)<sub>n</sub> ko'rinishida yozish mumkin] ega bo'ladi.

Bunday kristall panjaralarni hosil qiladigan moddalar, asosan, anorganik moddalar — tuzlar, oksidlar va asoslar (ishqorlar) bo'ladi. Ularning kristallari qattiq, faqat yuqori temperaturalarda suyuqlanadi, qutbli erituvchilarda (masalan, suvda) oson eriydi, eritmada ham, suyuqlanma holida ham elektr tokini o'tkazish xususiyatiga ega (bunday moddalarning dissotsilanish darajasi 100% ga yaqin) bo'ladi.

**Atom kristall panjarali** moddalarning tugunlarida atomlar joylashgan bo'ladi. Bunday atomlar orasida bog'lanish kuchli kovalent xususiyatga ega bo'ladi. Ular qatoriga olmos va grafitni misol qilib olish mumkin. Grafit panjarasidagi uglerod atomlari qo'shni atomlar bilan  $sp^2$ -gibrid orbitallar (uchta  $\sigma$ -bog') vositasida mustahkam bog'langan qatlamlar hosil qiladi. Qatlamlar orasida nisbatan zaifroq bo'lgan  $sp^2$ -gibridlanishda qatnashmagan  $p$ -orbitallar hisobiga to'rtinchi bog' hosil bo'ladi, qatlamlar bir-biriga nisbatan kattaroq masofa (0,335 nm) da joylashgan bo'lgani sababli, grafit qatlamlari qog'ozda qora iz qoldiradi. Qatlamdagi uchta uglerod atomlari orasidagi bog'lanish energiyasi mustahkam, to'rtinchi elektron atomlar orasida metallardagi kabi erkin holatda harakatda bo'ladi. Shu sababli grafit elektr tokini yaxshi o'tkazadi.

Atom kristall panjarasiga mansub bo'lgan uglerodning yana bir allotropik shakl ko'rinishi — olmos, grafitdan farq qiladigan kristall tuzilishga ega bo'lib, uning tugunlaridagi atomlarining har biri to'rtta  $sp^3$ -gibrid orbitallar vositasida mustahkam qutbsiz kovalent  $\sigma$ -bog'lar hosil qiladi, uning tugunlaridagi uglerod atomlari tetraedr cho'qqilarida o'rnatilgan polimer moddadir. Olmos tabiiy moddalar orasidagi eng qattiq mineral, uning zichligi katta, issiqlik va elektr tokini deyarli o'tkazmaydi (valent pog'onasidagi barcha elektronlar to'rtta  $\sigma$ -bog' hosil qilishda bandligi sababli), nur sindirgich ko'rsatkichi katta. Atom kristall panjara hosil qiladigan moddalarga kremniy karbid (SiC), bor karbid (B<sub>4</sub>C<sub>3</sub>)ning kristall shaklli ko'rinishi, bor, germaniy, kremniy(IV) oksidlarni va kremniyni kiritish mumkin.

**Metall kristall panjara** qattiq holdagi metallar uchun xos bo'lib, panjara tugunlarida musbat zaryadlangan metall ionlari joylashgan va ular orasida «daydi» elektronlar tartibsiz harakat vaziyatida bo'ladi. Bu elektronlar kristall tugunidagi metall ionlarini bog'lovchi vosita bo'ladi, bu elektronlar bir ion maydonida bo'lgan holatiga qaraganda, mumkin qadar ko'p markaz maydonida bo'lishi, sistemani energetik afzalroq holatiga keltiradi. Har bir ion maydonida bo'lgan elektronning individual bog'lanish energiyasi oddiy kimyoviy bog'lanish energiyasidan zaif bo'lishiga qaramasdan, ular soni ko'p bo'lishi evaziga ahamiyatga ega bo'lgan jamg'armaga aylanadi. Bunday elektronlarning tartibsiz harakati gaz molekullari holatini aks ettirganligi sababli ularni «*elektron gazi*» deb ham yuritiladi. Metallarga xos bo'lgan elektr tokini yaxshi o'tkazuvchanlik shu «elektron gaz» harakati natijasi, issiqlik o'tkazuvchanlik esa, bunga qo'shimcha bo'lgan panjara tugunlaridagi ionlarning tebranma harakati tufayli yuzaga keladi.

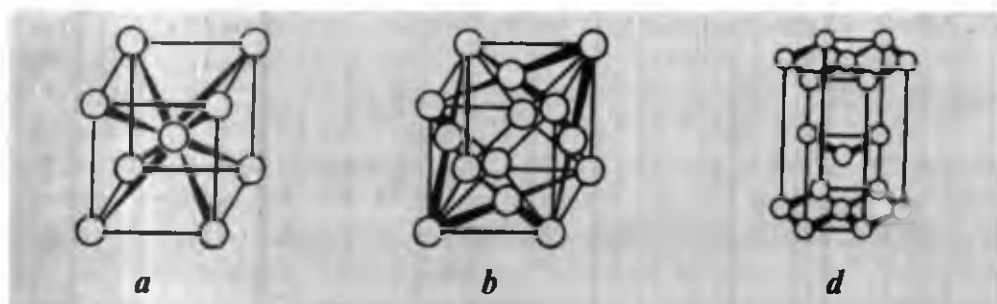
Metallarning muhim xususiyati — bog'alanuvchanlik va cho'ziluvchanlikni «elektron gaz» modeli asosida quyidagicha tushuntirish mumkin: metallarning shunday xususiyatga ega bo'lishiga kristallning atomlar qatlamlari bir-biriga nisbatan siljishi natijasida, ionlar bir-biridan farq qilmaydigan bir turdagi zaryadli qurshovdan shunday atom ionlarining boshqa qurshoviga ko'chadi va metall kristall struktura shikastlanmaydi. Bunday holat ionli kristalllarda batamom boshqacha tus oladi — qatlamdagi bir kation o'z o'rnidan qo'zg'alganda teskari zaryadli anionga tortilishi o'rniga, unga ta'sir yo'nalishi teskari bo'lgan itarishuv kuchlariga duchor bo'ladi, bu holat ketma-ket takrorlanadi va natijada kristall panjara noturg'unligi paydo bo'ladi. Ion kristall panjaralar bog'lanishga, kuch ostida ezilishga yoki boshqa ta'sirlarga chidamsiz xususiyatga ega bo'lishiga olib keladi.

Metall strukturalarini uch xil holat orqali ifodalash mumkin:

— *hajmi markazlashgan kub panjarada* 9 ta atom bo'lib, ularning 8 tasi kubning cho'qqilarida, 1 tasi esa kub markazida joylashgan zich taxlangan strukturani hosil qiladi. Bunday metallarga misollar tariqasida xrom, vanadiy, volfram, molibden, litiy (VI.3a-rasm), qalay va boshqalarni keltirish mumkin. Bunday strukturada har bir atomning 8 ta (kordinatsiyalangan atomlar soni) yaqin qo'shni atomlari bo'ladi;

— *yoqlari markazlashgan kub panjarada* 14 ta atom bo'lib, ularning 8 tasi kub cho'qqilarida, 6 tasi esa kubning yon tomonlarining markazida joylashgan [masalan, Al, Cu, Ni, Co, Pb, Au va Ag larni keltirish mumkin (VI.3b-rasm)];

— *geksagonal panjarada* 17 ta atomlardan 12 tasi 6 qirrali prizmaning cho'qqilarida, 2 tasi prizmaning ustki va ostki tekisliklari markazida, uch-



X. 3-rasm. Metall kristall panjarasining tuzilishi:

a — hajmi markazlashgan kub; b — yon tomonlari markazlashgan kub;  
d — geksagonal panjara.

tasi prizmaning o'rta qismidagi tekisliklarda joylashgan bo'ladi (VI.3d-rasm). Bunday kristall panjara Zn, Mg, Ti, Be, Co va boshqa metallar uchun xosdir.

Shuni aytish kerakki, temperatura, bosim yoki boshqa ta'sir natijasida Fe, Co, Ti, Mg va boshqa metallarning kristall panjaralari bir turdan ikkinchi turga o'tishi, ya'ni ularning allotropik shakl ko'rinishi yuzaga kelishi yoki polimorf holati o'zgarishi mumkin.

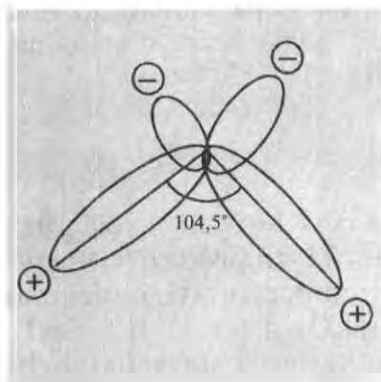
## **¶** 2. Suv va uning xossalari

Vodorodning oksidi — suv, kislorod va vodorodning eng mustahkam birikmasidir. Uning tarkibida 88,91% kislorod va 11,11% vodorod bor. Kimyoviy atamalar orasida uning lotincha nomi *akva* (aqua) va ko'proq yunoncha nomi *gidro* ham ishlatiladi.

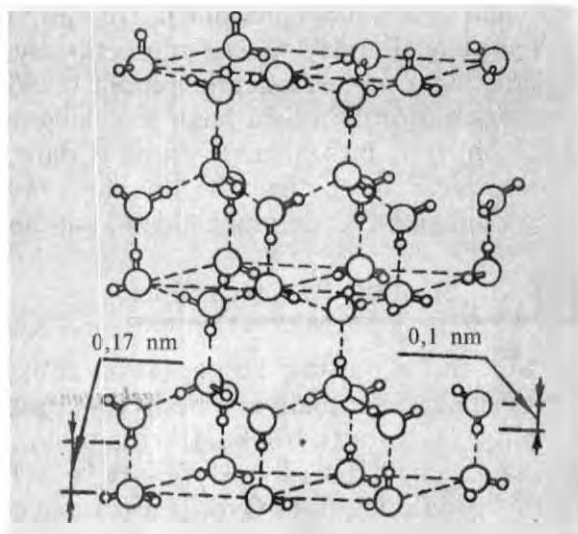
Toza holdagi suv shaffof, hidsiz, mazasiz va rangsiz (faqat 2 m va undan qalin qavati kuchsiz zangori rangga ega bo'ladi) suyuqlik. Uning tarkibiga kirishi mumkin bo'lgan vodorodning turg'un bo'lgan ikkita izotopi (protiy —  $^1\text{H}$ , deyteriy  $^2\text{D}$ ) va uchta kislorod izotopi ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  va  $^{18}\text{O}$ ) ishtirokida hosil qilgan birikmalari soni 9 ta —  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{17}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{16}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{17}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{18}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{D}_2^{17}\text{O}$  va  $\text{D}_2^{18}\text{O}$  lar tabiiy suvda sanab o'tilgan tartibda kamayib boradi.

Suv tabiatda eng keng tarqalgan birikma bo'lib, gidrosferaning deyarli hammasini bog'langan holda, turli minerallar va tog' jinslari (tuproq, gips va boshqalar) tarkibida, o'simlik va hayvonlar massasining 50—99% ni tashkil etadi, tuproqda, atmosfera qatlamida mavjuddir.

Suv o'zining barcha birikmalari orasida turli jarayonlardagi ishtiroki, tirik va jonsiz tabiat hodisalarida va odamzod hayotida tutgan o'rning muhimligi jihatidan alohida ahamiyatga ega.



VI. 4-rasm. Suv molekulasida bog'lovchi va taqsimlanmagan elektron juftlarning fazoviy holatlari.



VI. 5-rasm. Muz kristall panjarasining tuzilishi.

Suv molekulasidagi uchta yadro teng tomonli uchburchak shakliga ega bo'lgan geometriyani tashkil etadi, uning asosida ikkita vodorod atomi, cho'qqisida kislorod atomi joylashgan. Bug' holatda valent burchagi  $104,5^\circ$ , O—H bog' uzunligi  $0,096 \text{ nm}$ , H—H oralig'i  $0,15 \text{ nm}$  (VI.4-rasm).

Molekula tuzilishida 8 ta elektron 4 ta juftni hosil qilib qatnashgan, ulardan ikkitasi kislorod atomida taqsimlanmagan elektronlar jufti holatida, yana to'rtta elektron esa yadrolarni bog'lovchi ikki juftni hosil qiladi. Oxirgi juftlar joylashgan tekislik oldingi juftlar joylashgan tekislikka perpendikular holatda bo'ladi. Keyingi juft kislorod atomining nisbiy elektrmanfiyligi ( $\chi=3,5$ ) vodorod atominiki ( $\chi=2,1$ ) dan katta bo'lishi tufayli bog'dagi elektron buluti zichligi vodoroddan kislorod atomi tomon siljigan, shu sababli kimyoviy bog' qutbli, uning dipol momenti  $0,62 \cdot 10^{-27} \text{ Kl} \cdot \text{m}$  ga teng bo'lishi natijasida suv eng qutbli suyuqlik hisoblanadi.

Taqsimlanmagan elektron juftlar yo'nalishida manfiy qutb, vodorod atomlari tomonida musbat qutb zaryadlari joylashgan nuqtalar geometriyasini tetraedr cho'qqilariga o'xshatadi. Suyuq va qattiq (muz) holatdagi suv molekulasi atrofida vodorod bog' orqali bog'langan 4 ta suv molekulasi eng yaqin qo'shnilari sifatida koord:natsiyalangan bo'ladi. Shu sababli, muz holatida H—O bog' uzunligi bug' holatidagiga qaraganda biroz ( $0,1 \text{ nm}$  li H—H masofasi  $0,17 \text{ nm}$  gacha, HOH burchagi —  $109,5^\circ$  gacha) kattalashadi. Shunday tetraedr tuzilishga ega bo'lgan strukturada suv molekulasi suyuq suvnikiga nisbatan tarqoqroq joylashgan bo'ladi, unda mo-



lekulalar oraliq'idagi masofa 0,276 nm, molekulaning radiusi esa 0,138 nm ga teng. Bunday vaziyat muz erib suyuq holga o'tganda ham saqlanib qoladi, lekin molekulalararo masofa 0,290 nm gacha kattalashadi. Lekin, temperatura ortib borishi bilan molekula atrofida koordinatsiyalangan molekulalar soni biroz ortadi, buning natijasida tarqoqlik kamayadi, muz strukturasi xos bo'lgan bo'shliqlar kamayadi, suyuq holga o'tgan suvning zichligi +4 °C da muznikidan katta bo'ladi.

### **VI 3. Suvning fizik xossalari**

Suv molekulasida ko'pgina suyuqliklarga xos bo'lgan xossalardan chetlashish («anomaliya») hodisasi kuzatiladi. VI gruppadagi elementlarning vodorodli birikmalarida qaynash temperaturasi molekular massa kamayib borishi ( $H_2Te \rightarrow H_2Se \rightarrow H_2S \rightarrow H_2O$ ) qatorida  $H_2S$  gacha ortib boradi, lekin  $H_2O$  da bu xususiyat kutilganga qaraganda ancha katta bo'ladi. Suvdagi bunday *bug'lanish anomaliyasining* sababi suv molekulasidagi vodorod bog'ning mustahkamligidan kelib chiqadi. Suvning temperaturasi 0 °C dan ortib borishida suyuqlik zichligining ortib borishi undagi anomaliyaning yana bir turiga olib keladi. Suvning zichligi +4 °C da maksimal qiymat ( $\rho = 1,00 \text{ g/sm}^3$ ) ga ega bo'ladi, undan pastda va yuqorida zichlik qiymati kam bo'lishi *suvning zichlik anomaliyasi* deb ataladi.

Bu anomaliya asosida muz eriganda undagi bo'shliqlar suv molekulalari bilan to'lishi va bir vaqtning o'zida molekulalar oraliq masofasi kamayib molekulalar harakati kuchayib borishi (ikkita qarama-qarshi vaziyat) tufayli ikkinchi vaziyat +4 °C dan keyin zichlik kamayishiga olib keladi. Muz strukturasi o'zgarishi ko'p energiyani talab etadi, va shu sababli uning suyuqlanish issiqligi yuqori, bu esa muzning issiqlik sig'imi yuqori bo'lishiga olib keladi.

Suvning bu anomaliyalari katta ahamiyatga ega, muzning zichligi kichik bo'lishi tufayli suv havzalarining yuza qatlamigina muzlaydi, ostki qismlarida esa hayot davom etadi. Muzning erish issiqligi bilan issiqlik sig'imining katta bo'lishi qor va muzning sekin erishiga olib keladi.

Suv juda ko'p moddalarni eritish xususiyatiga ega. Ba'zi gazlar suv molekulalari bilan kimyoviy birikmalar hosil (masalan,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ) qiladi. Molekulalarida bog'lanish qutbli yoki ionli bo'lishi sababli tuzlar, kislotalar va asoslarning eruvchanligi ham yaxshi bo'lib, ular elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ya'ni ionlarga yaxshi dissotsilanadi, organik moddalarning faqat ba'zilari — spirtlar, aminlar, quyi karbon kislotalar va qand moddalar yaxshi eriydi, chunki ular molekulalarida qutbli gruppalar mavjud.

## VI 4. Suvning kimyoviy xossalari

Suvni elementlardan sintezi  $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$  natijasida katta issiqlik  $\Delta H^\circ_{298} = 241,84 \text{ kJ/mol}$  (bug' holatida)  $285,85 \text{ kJ/mol}$  (suyuq holatda) ajralib chiqadi. Bunday miqdorda ajralib chiqqan issiqlik hisobiga temperatura  $3000^\circ\text{C}$  dan oshib ketadi. Bu reaksiyani xona sharoitida  $\approx 15\%$  miqdorida amalga oshirish uchun 55 milliard yil kutish kerak bo'ladi.  $300^\circ\text{C}$  da reaksiya juda sekin,  $550^\circ\text{C}$  da esa portlash bilan amalga oshadi. Temperatura ortishi bilan suv molekularining dissotsilanishi ham osonlashib boradi.  $5000^\circ\text{C}$  da suv molekulari vodorodga va kislorodga to'la parchalanadi.

Suyuq holdagi suv oz miqdorda ionlarga dissotsilanadi:



Bu moddaning elektrolitik dissotsilanish o'lchami sifatida *suvning ion ko'paytmasi* qabul qilingan:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{HO}^-]$$

II suvdagi har bir ionning konsentratsiyalari ko'paytmasi  $1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2$  ga teng ( $22^\circ\text{C}$ ) va temperatura ortishi bilan  $1,14 \cdot 10^{-15}$  ( $0^\circ\text{C}$ ) dan  $5,9 \cdot 10^{-13}$  ( $100^\circ\text{C}$ ) gacha, ya'ni 517,5 marta ortadi.

Suv molekulari radioaktiv zarrachalar ta'sirida *radioliz* jarayoniga duchor bo'ladi va unda  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}^\cdot$ ,  $\text{HO}^\cdot$  va  $\text{HO}_2$  zarrachalar paydo bo'ladi.

Suv molekulasining ikkita taqsimlanmagan elektronlar juftiga ega bo'lishi uning reaksiyon aktiv bo'lishiga sabab bo'ladi.

Suv nodir gazlar bilan past temperaturalarda turg'un bo'lgan gidratlarni  $\text{X} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{X} = \text{Ar}, \text{Xe}, \text{Kr}$ ) hosil qiladi.

Aktiv holdagi atomar kislorod suvni oksidlab  $\text{H}_2\text{O}_2$  ni, fluor ta'sirida  $\text{HF}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  va  $\text{F}_2\text{O}$  larni hosil qiladi. Xlor bilan reaksiyasi natijasida  $\text{HCl}$  va  $\text{HOCl}$  hosil bo'ladi (bunda eritilgan xlorning yarmi shu mahsulotlarga aylansa, qolgan qismi gidratlangan holda bo'ladi).

Suv bug'ini cho'g'langan ko'mir ustidan o'tkazilganda  $\text{CO}$  va  $\text{H}_2$  aralashmasi (suv gazi) hosil bo'ladi.

$1200^\circ\text{C}$  dan yuqorida yoki  $700\text{--}800^\circ\text{C}$  da Ni katalizatori ishtirokida  $\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$  reaksiyaga kirishadi.

Ko'pchilik aktiv metallar (Mg dan tashqari) bilan gidroksidlar va vodorod hosil qiladi. Magniy va rux kukunlari bilan  $100^\circ\text{C}$  dagina reaksiyaga kirishadi. Temir qizil tus olguncha qizdirilgan holda suv bug'ini parchalaydi:



Nodir metallar bilan reaksiyaga kirishmaydi.

Suv ishtirokida, unda erigan kislorod, vodorod sulfid, uglerod(IV) oksid va boshqa moddalar tufayli metallarning korroziyasi (yemirilishi, zanglashi) yuzaga keladi.

Ko'pgina tuzlar suv molekulari ta'sirida gidrolizga uchraydi, bunda tuz ionlari bilan suv ionlari orasida almashinish jarayoni yuz beradi.

Moddalar suvda eriganda ular ionlari yoki molekularining suv molekulari bilan birikishi — gidratlanish jarayoni sodir bo'ladi, bunday hollarda, ko'pincha, ko'p miqdorda issiqlik energiyasi ajralib chiqadi: 1 mol KOH eriganda 54,4 kJ, 1 mol Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eriganda Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> × 10H<sub>2</sub>O hosil bo'ladi va 92,05 kJ/mol energiya ajralib chiqadi. Bunday moddalar suvdan quruq holda ajratib olinganda kristallogidratlar — suv molekulari bilan metall ionlari orasida koordinatsion birikmalar hosil bo'ladi, masalan, CuSO<sub>4</sub> + 5H<sub>2</sub>O = CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O reaksiyasida mis ioniga 4 molekula suv donor-akseptor bog' orqali tetraakvamis(II) ionini va tashqi sferasida SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> · H<sub>2</sub>O mavjud bo'lgan [Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>]SO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O mustahkam birikma hosil bo'ladi.

Suvda erigan moddalar kationlari radiusi kichiklashgan va zaryadi ortgan sari mustahkamligi yuqorilashadigan gidratlar hosil bo'ladi. Masalan, H<sup>+</sup> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (gidroksoniy kationi), Cu<sup>2+</sup> + nH<sub>2</sub>O ⇌ [Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>]<sup>2+</sup> va boshqalar.

Suv molekulari ko'pchilik reaksiyalarda faol qatnashadi, masalan, suv molekulari metallarning xlor bilan reaksiyasida katalizatorlik vazifasini bajaradi, ba'zan esa katalitik jarayonlarning borishini susaytiradi (katalitik zahar), masalan, vodorod va azotdan ammiak sintez qilish reaksiyasida temirning katalitik aktivligi suv ishtirokida keskin pasayadi.

## VI 5. Og'ir suv

Suv molekulasidagi protiy izotoplari o'rniga massasi ikki baravar katta bo'lgan deuteriy izotopi ishtirok etgan suv D<sub>2</sub>O og'ir suv deb ataladi.

Quyidagi jadvalda oddiy va og'ir suvning ba'zi xossalari keltirilgan:

VI.1-jadval

Oddiy va og'ir suvning ba'zi xossalari

Xossasi	°C	H <sub>2</sub> O	D <sub>2</sub> O
Molekular massasi, M <sub>r</sub>	—	18	20
Zichligi, ρ, g/sm <sup>3</sup>	25	0,9968	1,1042
Muzlash temperaturasi, °C	—	0	3,81
Qaynash temperaturasi, °C	—	100	101,43
Qovushqoqligi (nisbiy), η	25	1,00	1,23

Tritiyli suvni sun'iy usulda olingan, uning xossalari og'ir suvnikidan ham kuchliroq farq qiladi. Bunday suv yadro fizikasida yadro va termoyadro reaksiyalarida qo'llaniladi.

Oddiy suvdagi  $^{16}\text{O}$  o'rniga  $^{17}\text{O}$  va  $^{18}\text{O}$  izotoplarini tutgan og'ir kislorodli suv kimyoviy xossalari jihatidan oddiy suvdan deyarli farq qilmaydi.

Og'ir vodorodli suvda kimyoviy jarayonlar sustroq boradi, bu farq suv molekularining kinetik xossasi orqali tushuntiriladi. Biologik jarayonlar ham sekinroq kechadi.

## VI 6. Eritmalar

*Ikki yoki bir necha tarkibiy qismlardan tashkil topgan suyuq yoki qattiq gomogen sistema eritma deb ataladi.*

Moddalar qaysi birining massa ulushi katta bo'lsa, shu modda erituvchi hisoblanadi. Eritma mehanik aralashma bilan kimyoviy birikmalarning oraliq holatini egallaydi. Eritma tarkibiy qismlari orasida kimyoviy jarayon amalga oshganda hajmiy va energetik o'zgarishlar kuzatiladi.

Eritmalar tipik va jonsiz tabiatda, fan va texnikada muhim rolni bajaradi. Hayvon va o'simlik organizmidagi fiziologik jarayonlar, tabiatda cho'kindi jinslarning hosil bo'lishi, ko'pchilik sanoat jarayonlari eritmalaridagina sodir bo'ladi.

### VI.6.1. Eritmalar konsentratsiyasi

Eritmaning ma'lum massa miqdorida yoki hajmida erigan modda massasi yoki modda miqdori eritma konsentratsiyasi deb ataladi.

Ular bir necha usullarda ifodalanishi mumkin.

I. Ergan modda massasini eritmaning umumiy massasiga nisbati erigan moddaning massa ulushini tashkil etadi:

$$\omega(x) = \frac{m(x)}{m(x) + m(\text{erituvchi})}$$

(bu formulada  $m(x)$  — erigan modda massasi).

Massa ulushi o'lhamsiz qiymat, uni 100%ga ko'paytirilsa, massa ulushi foizlar bilan ifodalangan bo'ladi. Masalan, 70 g suvda 15 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eritilsa, eritmaning massa ulushi

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{15 \text{ g}}{15 \text{ g} + 70 \text{ g}} = \frac{15}{85} = 0,176$$

yoki foizlarda  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3)\% = 0,176 \cdot 100\% = 17,6\%$  bo'ladi.

2. Eritgan moddaning 1 litr eritmada erigan modda miqdori – mollar soni bilan ham ifodalanadi.

Agar 1 l eritmada 0,75 mol modda erigan bo'lsa, bunday eritmaning konsentratsiyasi 0,75 molyar bo'ladi va uni 0,75M yoki  $0,75 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$  orqali belgilanadi.

Hisoblash formulasi  $C_M(x) = \frac{n(x)}{v} \left( \frac{\text{mol}}{\text{l}} \right)$  bo'ladi.

3. Eritma konsentratsiyasi 1 l eritmada erigan moddaning ekvivalentlar soni bilan ifodalansa, bunday eritmalar normal konsentratsiyali bo'ladi.

Hisoblash formulasi:  $C_H = \frac{m}{E \cdot V}$

bunda  $C_H$ —eritmaning normal konsentratsiyasi,  $m$ —erigan modda massasi,  $E$ —erigan moddaning ekvivalent massasi (g/mol),  $v$ —eritma hajmi (l hisobida).  $C_H$  o'rnida H (yoki N) harflari qo'llanadi.

**Misol.** Yarim litr eritmada 42 g ortofosfat kislotasi erigan bo'lsa, eritmaning normal konsentratsiyasini hisoblang.

*Yechish.*  $H_3PO_4$  uch asosli kislotasi bo'lishi tufayli, uning ekvivalenti molekular massasining uchdan biriga teng:  $E_{(H_3PO_4)} = 98:3 = 32,7$  g/mol. Unda

$$C_H = \frac{42}{32,7 \cdot 0,5} = 2,57 \text{ H}$$

Reaksiyada qatnashayotgan moddalarning normal konsentratsiyalari bir xil bo'lib, ular hajmi teng miqdorda bo'lsa moddalar qoldiqsiz reaksiyaga kirishadi:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Bu nisbat *titrlash tenglamasi* deb ataladi va kimyoda keng qo'llanadi. Titr so'zi eritmaning 1 millilitrida erigan modda massasiga (g) teng qiymatni anglatadi. Titr bilan normal konsentratsiya qiyidagicha bog'lanishga ega:

$$\text{Titr} = \frac{E \cdot N}{1000}$$

## VI.6.2. Moddalarning suvda eruvchanligi

Moddalarning eritmalarini hosil qilishda qatnashgan miqdoriga qarab ularni to'yinmagan, to'yingan va o'ta to'yingan turlarga bo'linadi.

Moddaning suvda eruvchanligi eriyotgan moddaning tabiatiga, ular kristallarini yemirib, zarrachalarini bir-biridan ajratish uchun talab etiladigan energiya ortgan sari osonlashadi, temperatura ortganda eruvchanlik ham ortadi. Gaz moddalarning eruvchanligi temperaturaga teskari proporsional holda bo'ladi.

Erigan modda zarrachalari suv molekulasining teskari zaryadli qutblarini o'ziga tortish natijasida kimyoviy jarayon—*gidratlanish* sodir bo'lib, bunda ma'lum miqdorda energiya ajralib chiqadi. Agar kristall panjara parchalanish energiyasi ( $E_{kg}$ ) gidratlanish energiyasidan katta bo'lsa, erish davomida eritma soviydi, teskari holatda, erish jarayoni eritma qizishi bilan amalga oshadi. Birinchi hol ammiakli selitra eriganda, ikkinchi hol esa natriy gidroksid eriganda kuzatiladi.

*To'yinmagan eritmalar*da temperatura o'zgarimas bo'lganda ayni moddaning qo'shimcha miqdori erishi mumkin, bunda eritma tagida erimay qolgan tuz kristallari bo'lmaydi. Shunday eritmaga tegishli miqdorda yana shu modda kristallari qo'shib aralastirib turilgan eritmada erimay qolgan kristallar ortib qolgan sharoit, ya'ni eritmadagi modda va kristall moddalar orasida muvozanat holat yuzaga kelib chiqadi. Bunday eritmalar *to'yingan eritmalar* deb ataladi. Agar shu sistema temperaturasini ohista ko'tarib borilsa, qolgan kristallar eritmaga o'tadi. Eritma sovutilsa, oldingi temperaturaga yetganda idish tagiga ortiqcha erigan kristallar qaytib tushadi. Ba'zi moddalar (masalan, natriy atsetat, shakar va boshqalar) temperatura pasayganda kristall hosil qilmasdan o'ta to'yingan holatda bo'lib turishlari mumkin. Bu vaziyat turg'un emas, tashqi ta'sir natijasida ortiqcha erigan tuz idish tagiga tushishi mumkin.

! *Ayni moddaning ma'lum temperaturada 100 g erituvchida erib, to'yingan eritma hosil qiladigan massasi uning eruvchanlik koeffitsiyenti (yoki eruvchanligi) deb ataladi.*

Suvda erigan modda taqsimlanishi kabi, eritmadan qattiq holda ajratilib olinadigan modda tarkibida ham, suv yoki birikma tarkibida — **konstitutsion** suv holida, yoki suv molekulari kimyoviy birikma tarkibida ma'lum stexiometrik nisbatda birikkan holda bo'lishi mumkin. Birinchi holda magniy gidrokarbonat  $Mg(HCO_3)_2$  moddasi tarkibi parchalanganda magniy karbonat, uglerod(IV) oksid va suv hosil bo'ladi:



Ikkinchi holda suv molekulari bilan modda molekulari o'zaro ko'pincha butun sonlar nisbati kabi bo'ladi:  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . Bunday moddalar *kristallogidratlar*, suv esa *kristallizatsion suv* deb ataladi.

Ba'zi moddalar havodagi namlikni yutadi va o'zining girroskopik xususiyatini namoyon qiladi, suvning miqdori o'zgaruvchan bo'lishi mumkin: xona temperaturasi ortganda *gigroskopik suv* miqdori kamayishi ham mumkin.

### VI.6.3. Elektrolitik dissotsilanish

Suvdagi eritmalari yoki suyuqlanmalari elektr tokini o'tkazadigan moddalar (kislota, tuz va asoslar) *elektrolitlar* deb ataladi. Suvdagi eritmalari tok o'tkazmaydigan moddalar *noelektrolitlar* deb ataladi.

Elektrolit molekularining suv molekulari ta'sirida ionlarga (kationlar va anionlarga) ajralishi *elektrolitik dissotsilanish* deb ataladi.

*Eritmada erigan elektrolitning ionlarga dissotsilangan modda miqdorining elektrolit umumiy miqdoriga nisbati elektrolitik dissotsilanish*

*darajasi ( $\alpha$ ) deb ataladi:  $\alpha = \frac{n}{N}$*

Dissotsilanish darajasi modda tabiatiga va eritma konsentratsiyasiga bog'liq. Konsentratsiya kamayishi bilan  $\alpha$  qiymati ortadi. Dissotsilanish endotermik jarayon bo'lgani sababli, temperatura ortganda  $\alpha$  ham ortadi.

#### **Kuchli va kuchsiz elektrolitlar**

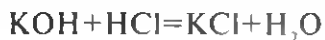
Molekulari hatto suyultirilgan eritmalarda ham oz darajada dissotsilanadigan elektrolitlar *kuchsiz elektrolitlar* deb ataladi. Ularga ba'zi kislotalar (masalan, sirka, sianid, suv, karbonat, sulfid va sulfit kislotalar), ba'zi asoslar (ammoniy gidroksid, organik tabiatli asoslar va hokazo) va ba'zi tuzlar (masalan,  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ ,  $\text{FeF}_3$  va boshqalar) kiradi.

Har xil konsentratsiyani eritmalarda sezilarli darajada dissotsilanadigan birikmalar *kuchli elektrolitlar* deb ataladi va  $\alpha \rightarrow 1$  ga, yoki 100% ga yaqinlashadi. Bunday elektrolitlarga deyarli barcha tuzlar, kuchli kislotalar ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HJ}$ ,  $\text{HJO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  va boshq.), kuchli ishqorlar ( $\text{Li}$ – $\text{Cs}$  qatordagi ishqoriy metallar gidroksidlari), ishqoriy-yer metallar ( $\text{Ca}$ – $\text{Ra}$ ) qatoridagi ishqorlar kiradi. Kuchli elektrolitlar uchun  $\alpha$  o'z ma'nosini yo'qotadi, chunki bunday elektrolitlar eritmasida dissotsilanmay qolgan molekular bo'lmaydi.

### VI.6.4. Elektrolitlar eritmalarida boradigan reaksiyalar

Elektrolitlar eritmalarida sodir bo'ladigan reaksiyalarda faqat ionlarga qatnashgan holatda hosil bo'lgan modda gaz, cho'kma yoki yomon dissotsilanadigan moddalar turkumiga taalluqli bo'lgandagina boshlang'ich ionlar kamayadi, ya'ni reaksiya sodir bo'ladi. Bunday reaksiyalarni 5 gruppachaga bo'lish mumkin.

**1. Neytrallanish reaksiyalari** kislota va asoslar orasida sodir bo'ladi:



Boshlang'ich KOH eritmasiga qo'shilgan fenolftalein indikatorini to'q qizil-binafsha tusdan xlorid kislotaga yetarli miqdorda qo'shilganda rang yo'qoladi. Bu reaksiya ionli ko'rinishda



Ikkala tomondagi  $K^+$  va  $Cl^-$  ionlari reaksiyada o'z holatini o'zgartirmadi, ya'ni reaksiyada qatnashmadi. Shu sababli bu reaksiyada faqat quyidagi ionlar qatnashadi:



Demak, neytrallanish reaksiyasining mohiyati - vodorod va gidroksid ionlari birikib, suv hosil bo'lishidan iborat.

**2. Cho'kma hosil bo'ladigan reaksiyalar** oxirigacha boradigan reaksiyalardir.



qisqartirilgan ion reaksiyasi

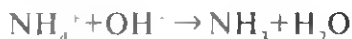


Shu ionli ko'rinishdagi reaksiya tarkibida kumush ion va xlor ion bo'lgan boshqa birikmalar uchun ham shu holda bo'ladi; yuqoridagi natriy va nitrat ionlari reaksiyada qatnashmaydi, shu oq rangli cho'kma hosil bo'lishi uchun faqat kumush va xlor ionlarini tutgan ionli birikmalargina bo'lishi yetarli.

**3. Gaz modda hosil bo'ladigan reaksiyalar** doimo oxirigacha boradigan toifaga kiradi. Masalan, ammoniy sulfat bilan kuchli ishqor eritmalari aralashganda gaz holdagi mahsulot hosil bo'ladi:

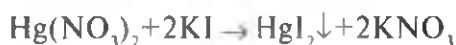


qisqartirilgan ion tenglamasi:



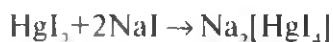
Bu tenglama ammoniy tuzining anioni (sulfat ion) va gidroksidning kationi qanday bo'lmasin, reaksiyada faqat ammoniy ion va gidroksid gruppasi qatnashadi.

**4. Koordinatsion birikmalar hosil bo'ladigan reaksiyalar.** Shunday turdagi reaksiyalarda ionlar orasida ta'sirlashuv natijasida ham oxirigacha boradigan reaksiyalar amalga oshishi mumkin. Bunday vaziyatda hosil bo'ladigan koordinatsion birikma juda katta turg'unlikka ega bo'lishi kutiladi. Masalan, simob(II) nitrat bilan kaliy yodid tegishli miqdorda reaksiyaga kirishganda:

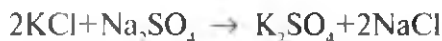




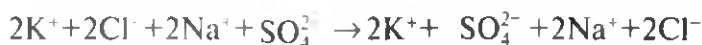
Shu cho'kma ortiqcha miqdorda yod ionlari tutgan modda qo'shilganda eritmaga o'tadi:



**5. Qaytar reaksiyalar** ko'p holda ionli birikmalar orasida sodir bo'ladi. Masalan, kaliy xlorid bilan natriy sulfat eritmaları aralashirilganda reaksiya sodir bo'lishini anglatadigan biror tashqi o'zgarishlar sodir bo'lmaydigan vaziyat yuz beradi:



To'la ionli tenglamada barcha boshlang'ich moddalar ionlari mahsulot moddalar ionlari bilan bir xil bo'ladi:



Bunday reaksiyalarda suvda yomon eriydigan, gaz holdagi yoki yomon dissotsilanadigan mahsulot hosil bo'lmaganligi tufayli reaksiya oxirigacha sodir bo'lmaydi, ya'ni jarayon qaytar xususiyatga ega bo'ladi. Shunday eritma bug'latilgandan keyin qattiq holda molekular tenglamaning ikkala tomonidagi to'rtta tuz mavjud bo'ladi.

## **VI 7. Suv molekularining dissotsilanishi. Vodorod ko'rsatkich(pH)**

Suv juda kuchsiz elektrolit bo'lsa ham oz miqdorda dissotsilanadi. Bu jarayon qaytar xususiyatga ega bo'ladi:



yoki sodda ko'rinishda  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ , shu sababli bu jarayon uchun

muvozanat konstantasi  $K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$ ;  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  qiymati 22 °C da  $1,8 \cdot 10^{-16}$

ga teng ekanligi tajribalarda aniqlangan. 1000 ml suvdagi dissotsilanmagan suv molekularining modda miqdori  $[\text{H}_2\text{O}] = 1000/18 = 55,56$  mol kat-

taligini yuqoridagi formulaga qo'ysak,  $K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{55,56} = 1,8 \cdot 10^{-16}$  yoki

$K = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 1 \cdot 10^{-14}$  ni olamiz.  $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$  ni *suvning ion ko'paytmasi* deb ataladi va uning qiymati faqat temperaturaga bog'liq: 0 °C da  $1,14 \cdot 10^{-15}$  dan 100 °C da  $5,9 \cdot 10^{-13}$  gacha (518 marta) ortadi. Suvga kislota qo'shilganda  $[\text{H}^+]$  ionlar konsentratsiyasi ortadi,  $[\text{OH}^-]$  ionlari miqdori kamayadi, lekin ular ko'paytmasi uchun toza suvdagi qiymati saqlanib qoladi.

Masalan, eritmada  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-3}$  mol/l bo'lsa, unda  $[HO^-]$  konsentratsiyasi

$$[HO^-] = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-11} \text{ bo'ladi.}$$

Manfiy darajali qiymatlar bilan hisoblar olib borish noqulay bo'lganligi sababli  $[H^+]$  konsentratsiyasini manfiy logarifmni orqali *vodorod ko'rsatkich* (pH)ni qo'llashga kelishilgan:

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

$[HO^-]$  konsentratsiyasi uchun pOH ishlatiladi. Har doim  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  ga teng bo'ladi.

Turli eritmalarining pH va pOH qiymatlarini quyidagi chizma yordamida aks ettirish qulay (VI.6-rasm).

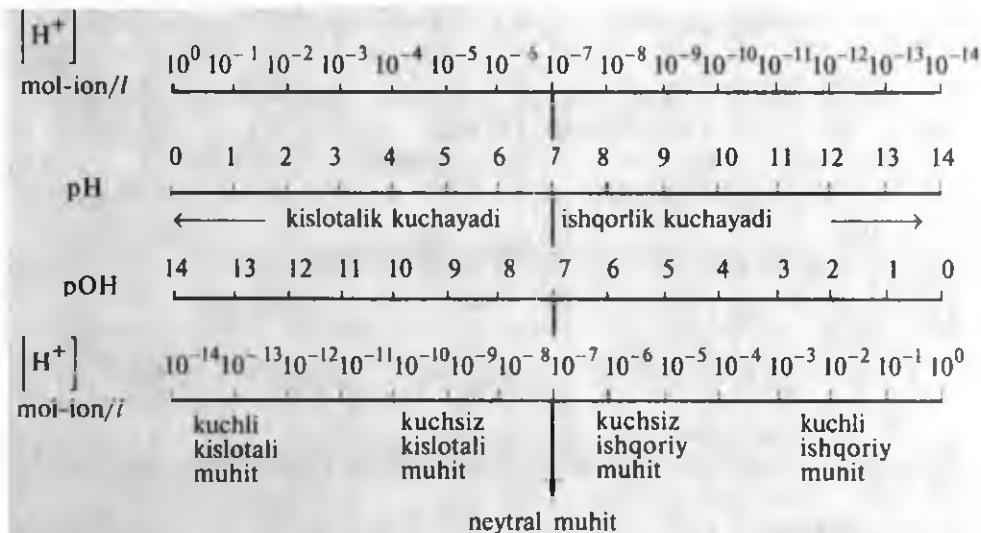
**Misol.** Hajmi 1 l bo'lgan eritmada 3,65 g vodorod xlorid eritilgan.  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$  va pH qiymatlarini, eritma 100 marta suyultirilganda shu qiymatlar qanday o'zgarishini hisoblang.

*Yechish:* HCl eritmasining molar konsentratsiyasi:

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{3,65}{36,5} = 0,1 \text{ mol.}$$

Eritmadagi kislota konsentratsiyasi

$$C_M = \frac{n(\text{HCl})}{V(\text{eritma})} = \frac{0,1 \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 0,1 \text{ mol/l.}$$



VI. 6-rasm.  $H^+$  va  $HO^-$  ionlari konsentratsiyalari pH va pOH orasidagi munosabatlar.

Kislolaning dissotsilanish darajasi 1 ga teng deb olamiz va  $[H^+] = 0,1$  mol dan pH qiymatini hisoblaymiz

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(1 \cdot 10^{-1}) = -(0-1) = 1$$

Eritma 100 marta suyultirilganda:

$$n(\text{HCl}) = 0,1 : 100 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C_M = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{100 \text{ l}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}; \quad pH = -\lg 1 \cdot 10^{-5} = -(-5-0) = 5$$

Kimyoviy jarayonda eritmaning pH qiymatini bilish uchun indikatorlardan hamda maxsus pH metrlardan foydalaniladi.

## **VI 8. Dispers sistemalar. Moddalarning kolloid holati**

Kimyo fanining boshlang'ich qismlarida eritmalar mavzusi bilan tanishganda o'quvchilar bunday sistemalar ikki toifaga bo'linishi haqidagi ma'lumotga ega bo'lishgan. Bunday sistemalardan biri chin eritmalar (ko'p komponentli va bir jinsli) bo'lsa, ikkinchilari esa kolloid eritmalarini tashkil etadi. Ba'zi shunday eritmalarda dispers faza (eritmada tarqalgan modda) zarrachalarini ko'z yoki ultramikroskop yordamida ko'rish mumkin.

Chin eritmalarini hosil qilgan zarrachalar diametri 1 nm ( $1 \cdot 10^{-9}$  metr) dan ham kichikroq bo'ladi, kolloid eritmalarda loyqa (suspensiya)lar zarrachalari diametri 100 nm dan kattaroq bo'lib, bu zarrachalar qisqa vaqt davomida eritma tagiga cho'kishi mumkin (*dag'al dispers sistemalar*).

Ikkita bir-birida erimaydigan suyuq moddalar o'zaro maydalangan dispers holatdagi aralashma — *emulsiya* hosil qilishi mumkin (bunday sistemaga mayda yog' tomchilarining suvda tekis tarqalgan holati — sutni misol keltirish mumkin). Bunday dispers sistemalardagi zarrachalarning diametri ham 100 nm dan katta bo'lishi mumkin.

Agar dispers sistemadagi zarrachalar diametri 100 nm dan kamroq bo'lsa, ularni *mayin dispers sistemalar* deb ataladi. Umuman olganda, diametri 1–100 nm oralig'idagi mayin dispers sistemalar turg'un bo'lib, o'lchami 100 nm dan kattaroq bo'lgan dag'al dispers sistemalar qisqa vaqtda o'z gomogenligini yo'qotishi mumkin.

Dispers sistemalarda agregat holatlari uch xil (gaz, suyuq yoki qattiq) bo'lib, ular o'zaro aralashganda 9 xil sistemalarni yuzaga keltirib chiqarishini VI.2-jadvaldan ko'rish mumkin.

Dispers muhit va dispers fazaning qaysi agregat holatidan qat'iy nazar dispers sistemalarni uchta guruhga: *chin eritmalar*, *kolloid* va *dag'al dispers sistemalar*ga bo'linadi. Ularning qisqacha asosiy tavsiflari quyida keltirilgan:

— *chin eritmalar*da dispers faza molekular yoki ion holdagi zarrachalardan iborat; o'lchamlari (kattaliklari) bir-biriga yaqin; ular uzoq vaqt davomida turg'un, dispers muhit va dispers faza bir-biridan ajralishi (tashqi muhit ta'siri bo'lmagan holatda) kuzatilmaydi; dispers faza zarrachalarining diametri 1 nm dan katta bo'lmaydi;

— *kolloid sistemalar*da dispers faza zarrachalari yuzlab, ba'zan minglab molekula yoki ionlardan tashkil topgan bo'lishi mumkin; sistema bir jinsli bo'lsa ham, dispers faza zarrachalari bilan dispers muhit orasida chegara mavjud; erigan moddalar zarrachalari diametri 1–100 nm oralig'ida bo'lishi mumkin (polidispers xususiyat);

— dag'al dispers sistemalar da dispers faza zarrachalari qisqa vaqt davomidagina turg'un, ular tezgina ikki fazali chegara hosil qiladi (loyqa cho'kishi, sutning qaymog'i, qatiqning ayroni ajralishi va shunga o'xshashlar).

Kolloid va dag'al dispers sistemalar da zarrachalar kattaligi har xil bo'lgan *polidispers* sistemalar dir.

Yuqorida keltirilgan dispers sistemalar ning birinchisidan qolgan hamma-sida kolloid va dispers holatlar kuzatilishi mumkin. Ular orasida ahamiyati

VI.2-jadval

### Ikki komponentli dispers sistemalar

Dispers muhitning agregat holati	Dispers fazaning agregat holati	Misollar
gaz	gaz	havo, gazlar aralashmasi
gaz	suyuq	havodagi namlik, havoga purkalgan suyuqliklar (aerozollar)
gaz	qattiq moddalar	tutun, chang
suyuq	gaz	gaz moddalarning suvdagi eritmalar (ko'pincha erigan gaz molekular holatda bo'lib, chin eritmalar hosil qiladi, muhit yopishqoqligi katta bo'lganda gaz ko'pigi hosil bo'ladi)
suyuq	suyuq	sulfat kislotaning suvdagi eritmasi (chin eritmalar); sut esa emulsiya turiga mansub
suyuq	qattiq	osh tuzi, shakar qutbli molekular moddalarning suvdagi chin eritmalar; loyqa suv – dag'al suspenziyalar (ikki fazali dispers sistemalar)
qattiq	gaz	aktivlangan ko'mir g'ovaklarida gaz moddalarning adsorbsiyalanishi, penoplastlar, penobeton, pemza shlak, non, patir va boshqa xamirdan pishirilgan taomlar (ikki fazali sistemalar)
qattiq	suyuq	nam tuproq, mevalar etidagi suyuqlik, tabiiy marvarid (kalsiy karbonatda kolloid holdagi juda mayda suv tomchilari tarqalgan holatda bo'ladi), bulardan tashqari, boshqa ikki fazali sistemalar
qattiq	qattiq	qotishmalar, sement, beton; rangli shisha, emallar, ko'pchilik nodir toshlar va boshqalar

katta bo'lgan tuman, tutun, chang, ko'pik, emulsiya, suspenziya, qotgan ko'pik sistemalar, qattiq emulsiyalar hayotda ko'plab uchrab turadi.

Kolloid eritmalaridagi dispers faza va dispers muhit orasidagi o'zaro munosabatni ikki turga bo'linadi:

1. Qaytar xususiyatga ega bo'lgan kolloid eritmalar — *liofil* (yunoncha *lios* — suyuqlik, *filio* — yoqtirish) sistemalarda dispers faza, dispers ion, muhit molekullari yoki ionlari orasida ta'sirlashuv kuzatiladi.

2. Qaytmas xususiyatga ega bo'lgan kolloid eritmalar — *liofob* (yunoncha *fobo* — yoqtirmaydi) dispers faza dispers muhit bilan o'zidan o'zi aralashib ketavermaydi. Bunday kolloid eritmalarida dispers faza qismi, odatda, kichik konsentratsiyali bo'ladi. Ular kuchli elektrolit eritmaları bilan aralashganda dispers faza cho'kmaga tushadi (*koagulyasiyaga* uchraydi) va o'zi bilan dispers muhitni qo'shib olmasdan cho'kadi.

Qaytar kolloid sistemalarda dispers faza konsentratsiyasi yuqori bo'lib, ular elektrolitlar ta'siriga nisbatan deyarli befarq, lekin konsentratsiyasi yuqori bo'lgan elektrolitlar ta'sirida o'ziga dispers muhitning sezilarli miqdorini birlashtirib olgan, hajmi katta, yopishqoq faza hosil qilib cho'kadi.

Kolloid sistemalarda har qanday mayin zarrachalar tutgan eritmalarıni «*zol*» deb ataladi. *Aerozollarda* dispers muhit sifatida gazlar, *liozollarda* dispers muhit suyuq bo'ladi. Dispers muhit suv bo'lganda *gidrozollar* yoki soddagina qilib *zollar* deb ataladi.

O'z turg'unligini yo'qotishi natijasida cho'kkan zollarni, ko'pincha, gellar (ba'zan *liogellar*) deb ataladi, ular bir jinsli va katta ko'lamli bo'lib, ulardagi zarrachalar o'zaro molekular kuchlar vositasida bog'langan umumiy sistemani hosil qiladi (masalan, sut achiganda hosil bo'ladigan quyuqlashgan sistema).

Shunday vaziyatda qattiq faza dispers muhitdan ayrim holda ajralsa, bunday sistemani *kaogel* deb ataladi.

## **VI** 9. **Gidroliz**

Tarkibi jihatdan turli xil (nordon, o'rta yoki asosli) tuzlar suvda eritilganda ularning boshlang'ich tarkibi hamma vaqt ham saqlanib qolmaydi. Ko'pincha, tuzlarning suvdagi eritmaları kislotali (masalan,  $\text{CuCl}_2$  eritmasi) yoki ishqoriy ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eritmasi) xususiyatga ega bo'ladi.

*Bunday gidroliz reaksiyasida suv ionlari va tuz ionlari orasida almashinuv jarayoni sodir bo'ladi.*

Shunday jarayon (gidroliz reaksiyasi)da qatnashuvchi modda — tuzning zarrachasi — kationi, anioni yoki bir vaqtning o'zida ularning ikkalasi ham qatnashishi mumkin. Gidroliz jarayonida, albatta, eritmadagi

kation yoki anion bilan suv molekulari qatnashadi, odatda, bu jarayonda suv molekulasining dissotsilanish muvozanati  $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^-$  o'ng tomonga siljiydi, hosil bo'lgan ionlarning biri tuz kationi yoki anioni bilan qiyin dissotsilanadigan elektrolit, asos yoki nordon tuz hosil qilishi natijasida eritma muhiti o'zgaradi.

Bu jarayonlarning sodir bo'lishida tuzning kationi va anionining xususiyatlari (kationning qutblovchilik xossasi, zaryadi, nisbiy elektrmanfiyligi, elektron juftini akseptorligi) muhim rolni o'ynaydi. Oddiy qilib aytganda, tuzning kationi, yoki anioni, yoxud anioni bilan kationi suvning  $\text{H}^+$  kationi yoki anioni  $\text{HO}^-$  bilan suvda yomon dissotsilanadigan asos, kislotada, nordon yoki asos tuz qoldig'ini hosil qilishi gidroliz jarayonining asosiy mohiyatidir.

Faqat birgina holda — kuchli asos va kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuz suvda eriganda gidroliz reaksiyasi sodir bo'lmaydi.

Gidroliz jarayonlarini birma-bir ko'rib chiqamiz.

### VI.9.1. Kation bo'yicha sodir bo'ladigan gidroliz

Har qanday metall ionni suvli eritmada gidratlangan bo'ladi. Kationda zaryad zichligi (kation zaryadining uning radiusiga bo'lgan nisbati  $\frac{z}{r}$ ) ortib borish tartibida  $\text{Me}^{n+} \dots \text{OH}_2$  da  $\text{Me}^{n+} \dots \text{O}$  bog'ga nisbatan O—H bog'ning dissotsilanishi va gidratlangan suv molekulasidan proton ajralishi osonlashadi:



Metall ionining zaryadi kattalashib, radiusi kamayib borgan sari uning suv molekulasini qutblashi kuchaya boradi va yuqorida keltirilgan muvozanat o'ng tomonga siljishi osonlashadi.

Ma'lum bo'lgan kationlar shu nuqtayi nazardan ikki guruhga bo'linadi:

a) kation va suv molekulari orasidagi jarayonda suv molekulari o'zgarmay qoladi. Bunday hol dissotsilanish darajasi  $\alpha \rightarrow 1$  bo'lgan kuchli asoslar — ishqorlar uchun xos bo'lib, ishqoriy va ishqoriy-yer metallar kationlari gidroliz jarayonida qatnashmaydi;

b) kationning zaryadi ortib borishi va radiusi kichiklashib borishi bilan yuqoridagi muvozanat o'ng tomonga siljishi kuzatiladi va eritmada  $\text{H}^+$  konsentratsiyasi ortib boradi. Bunday kationlar, odatda, kuchsiz asoslar hosil qiladi va ularning tuzlari gidrolitik jarayonda qatnashadi. Masalan,  $\text{MgCl}_2$  ning gidrolizini quyidagicha ifodalaymiz:



yoki jarayonning ionli tenglamasi:



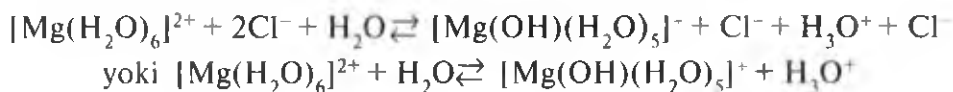
yoki uning qisqartirilgan ifodasi:



bo'ladi.

Tuz hosil qilgan asos qanchalik kuchsiz bo'lsa, gidroliz shunchalik chuqurlashadi, ya'ni muvozanat o'ng tomonga shuncha siljigan bo'ladi.

Suvda erigan tuzlarning kationlari gidratlangan holatini hisobga olib tuzilgan tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'lishi kerak:



Ko'rsatilgan xususiyatga ega bo'lgan kationlarning gidroksidlari kuchsiz asos bo'lib, ular deyarli suvda yomon eriydi.

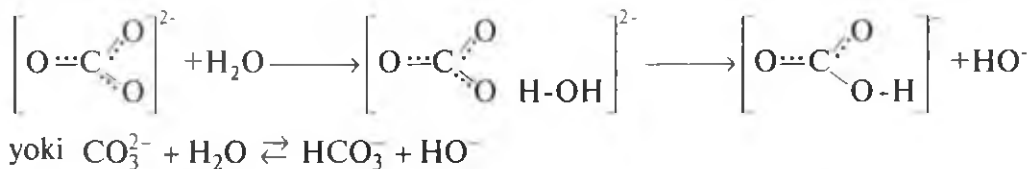
Xulosa qilib aytganda,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  lar kuchsiz asos kationlari bo'lishi sababli ularning tuzlari eritmada kation bo'yicha gidrolizga uchraydi va natijada gidroksotuzlar hosil qiladilar, eritma muhiti kislotali xususiyatga ega bo'ladi.



*Kuchsiz asos va kuchli kislotalardan hosil bo'lgan tuzlarning gidrolizi natijasida eritmada kislotali sharoit hosil bo'ladi.*

## VI.9.2. Anion bo'yicha sodir bo'ladigan gidroliz

Kuchsiz kislota qoldiqlari suvning protonini biriktirib olishida qoldiqning kislorod atomlari bilan vodorod ioni bog'lanishi asosiy rol ni bajaradi. Anion hosil qiluvchi element radiusi kichik va zaryadi katta bo'lib borishi bilan kuchsiz kislota hosil bo'lish imkoniyati osonlashadi. Buning natijasida kislota qoldig'iga proton birikadi, eritmada esa erkin gidroksil ionlari paydo bo'ladi:



*Tuz hosil qilgan kislota qancha kuchsiz bo'lsa, gidroliz jarayoni shuncha chuqurlashadi, ya'ni reaksiya muvozanati o'ng tomonga kuchliroq siljiydi. Xulosa qilib aytganda, shunday vaziyatda eritmada ishqoriy muhit kuchayib boradi.*

Agar kislota qoldig'ining suv molekularini qutblash xususiyati kuchsiz bo'lsa, gidroliz reaksiyasi sodir bo'lmasligi mumkin. Masalan, barcha kuchli kislotalar anioni ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  kabilar) gidroliz jarayonida qatnashmaydi.

### VI.9.3. Ham kation, ham anion bo'yicha sodir bo'ladigan gidroliz

Bunday holda kation va anionlar suv molekularini qutblashi natijasida ularga suvning  $\text{HO}^-$  va  $\text{H}^+$  zarrachalari birikadi, bu holda chuqur gidroliz sodir bo'ladi.

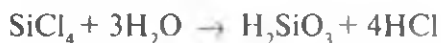
Masalan,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  tuzining har bir ioni suvning ionlarini birkittiradi va muvozanat yomon dissotsilanadigan mahsulot ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  va  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) lar hosil bo'lish tomoniga (o'ng tomonga) siljigan bo'ladi:



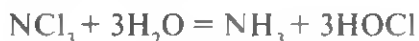
Metallmas elementlarning o'zaro hosil qilgan birikmalarida kovalent bog'li birikmalarining suv molekulari bilan reaksiyalari tuzlarnikiga qaraganda batamom boshqacha kechadi, masalan:



fosfat  
kislota  
xlorangidridi



kremniy kislota  
xlorangidridi



Organik moddalardan murakkab efirlar, galogenalkillar, galogenangidridlar, sulfokislotalarning ishqoriy sharoitda sodir bo'ladigan gidrolizi ham qaytmas reaksiyalarda qatnashadi.

Gidroliz jarayonida hosil bo'lgan kuchsiz kislota va kuchsiz asoslarning dissotsilanish darajasi kichik bo'lishi tufayli eritmada erkin holdagi  $\text{H}^+$  va  $\text{HO}^-$  ionlari sezilarli miqdorda bo'lmaydi va eritmaning muhiti deyarli neytral holatda bo'ladi.

Umuman, ko'pchilik hollarda suvda eritilgan tuz kationi va anioni 100% gidroliz jarayoniga jalb etilmaydi, ya'ni eritmada *muvozanat holati* yuzaga keladi.



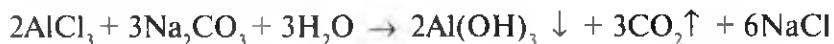
Gidrolizda qatnashgan molekular ulushi *gidroliz darajasi (h)* — shu jarayonning muvozanat konstantasi, eritmaning temperaturasi va erigan tuz konsentratsiyasi bilan bogʻliq.

*Gidroliz darajasi* tuz tabiati, uning eritmadagi konsentratsiyasi va temperaturaga bogʻliq. Har qaysi neytrallanish jarayoni ekzotermik xossaga ega boʻlganligi sababli, gidroliz reaksiyasi endotermik xususiyatga ega boʻladi. Shu sababli, gidroliz jarayoni temperatura ortishi bilan tezlashadi (Le Shatelye prinsipiga binoan).

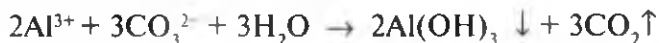
Bundan tashqari, suv molekularlarining elektrolitik dissotsilanishi temperatura ortishi bilan keskin kattalashadi:

°C	0	5	10	15	20	25—30	35	40—45	50	55	65	70	75	...100
h	0,12	0,19	0,29	0,45	0,68	1,0	1,47	2,1	2,9	4,0	5,5	7,3	9,6	...74

Agar tuz hosil qilgan kislota va asos kuchsiz boʻlishidan tashqari ulardan biri suvda yomon eriydigan boʻlsa, ikkinchisi esa parchalanib gaz holdagi mahsulot hosil qilsa, gidroliz jarayoni qaytmas xususiyatga ega boʻladi, yaʼni tuz batamom parchalanadi:



qisqartirilgan ionli tenglamasi:



Shu tarzda gidrolizda qatnashadigan tuzlarga misollar sifatida  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{S}_3$  va boshqalarni keltirish mumkin.

Gidroliz jarayoni tirik organizmlar hayotida katta rol oʻynaydi, bu jarayondan kimyoviy moddalar ishlab chiqarishda, koʻplab oziq moddalarni tayyorlashda keng miqyosda foydalaniladi.

### **Savol va topshiriqlar**

1. Qaysi sabablarga koʻra dengiz suvi va daryo suvlarining tiniqligi bir-biridan farq qilishi mumkin?
2. Xlorid kislota eritmasi ( $C_M=2$  mol/l)ga natriy silikat ( $C_M=1$  mol/l) eritmasidan tomchilatib qoʻshib toʻxtovsiz aralashtirib turganda gel hosil boʻladi. Uning formulasini va hosil boʻlish sababini tushuntiring.
3. Natriy tiosulfat bilan sulfat kislota eritmalarini aralashtirish natijasida hosil boʻlgan loyqa eritma qizdirilganda choʻkmaga tushadi. Kuzatilgan jarayonlarning ikkalasi (hosil boʻlish va choʻkish) ni tushuntiring.

4. Qaysi tuz —  $\text{CrSO}_4$  yoki  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  eritmalarida (tuzlarning normal konsentratsiyalari bir xil) gidroliz reaksiyasi kuchliroq sodir bo'ladi?
5. Qaysi sababga ko'ra nordon tuz  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  eritmasi kislotali xususiyatga ega, boshqa nordon tuz KHS eritmasi esa ishqoriy muhit hosil qiladi?
6. Nima sababga ko'ra ichimlik sodasining eritmasi kuchsiz ishqoriy xususiyatga ega bo'ladi, lekin eritma qaynash darajasiga yetkazilsa, uning muhiti kuchli ishqoriy xossaga ega bo'ladi?
7. Aluminiy xlorid eritmasiga soda eritmasi ko'shilganda cho'kmaga qanday modda o'tadi? Sababini tushuntiring.
8. Amfoter elektrolitlar kuchsiz kislota va kuchsiz asoslar hisoblanadi. Kislotali yoki asosli xossalari kuchliroq bo'lgan amfoter elektrolitlarni bilasizmi?

### Testlar

1. Xrom (III) sulfat va kaliy sulfid eritmaları orasidagi ta'sirlashish natijasida xromning qaysi birikmasi hosil bo'ladi?  
 A) xrom(III) sulfid B) xrom(II) sulfid C) xrom(III) gidroksid  
 D) xrom(III) gidroksosulfid E) xrom(III) digidroksosulfid
2. Bariy gidroksid eritmasining 0,005 molyar eritmasi to'la dissotsilanganda eritmaning pH qiymati qanday bo'ladi?  
 A) 2 B) 11 C) 1 D) 12 E) 13
3. Qaysi moddaning suyultirilgan eritmasi eng kuchsiz elektrolit deb hisoblash mumkin?  
 A) gidroxlorid kislota B) nitrit kislota C) karbonat kislota  
 D) xlorat kislota E) xlorit kislota
4. Natriy sulfatning 0,5 molyarli eritmasidan 500 ml tayorlash uchun glauber tuzidan necha gram olish kerak?  
 A) 80,5 B) 81,0 C) 80,0 D) 82,0 E) 81,15

# VII bob

## OKSIDLANISH-QAYTARILISH JARAYONLARI

Ba'zi reaksiyalarda elementlarining oksidlanish darajalari o'zgaradi: elektronini bergan elementlar oksidlanadi va aksincha, elektron qabul qilganlari esa qaytariladi. Reaksiyalarda shunday qarama-qarshi jarayonlar bir vaqtning o'zida sodir bo'ladi.

! Elektron bergan elementlar qaytaruvchilar, ularni qabul qilgan elementlar esa oksidlovchilar deb ataladi.

Masalan,  $2\text{Zn} + \text{O}_2 = 2\text{ZnO}$ . Bu reaksiyada rux elementi o'zining tashqi valent pog'onasidagi elektronini kislorod atomiga berishi natijasida oksidlanadi, kislorod atomi esa ikkita elektron qabul qiladi, ya'ni o'zi qaytariladi. Rux elementi qaytaruvchi, kislorod esa oksidlovchi vazifasini bajardi.

! Moddalar tarkibidagi atomlarning oksidlanish darajalari o'zgarishi bilan sodir bo'ladigan jarayonlar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari deb ataladi.

Oksidlovchi va qaytaruvchilar yuqorida keltirilgan tenglamadagi kabi oddiy atomlar yoki murakkab moddalar tarkibidagi atomlar holida ham bo'lishi mumkin.

### VII 1. Oksidlovchi va qaytaruvchilar

Davriy sistemadagi barcha metallarning tashqi valent pog'onasidagi elektronlar soni ko'p bo'lmagani sababli ular faqat qaytaruvchi xususiyatga ega bo'ladi. Har qaysi gruppadagi asosiy gruppacha elementlari (metallar va metallmaslar)ning qaytaruvchilik xususiyati (ftordan va nodir gazlardan tashqari) yuqoridan pastga tomon kuchayib boradi, chunki elementlarning atom radiuslari shu tartibda kattalashib boradi, ya'ni ularning ionlanish potentsiallari kamaya boradi.

Har bir davrni boshlagan elementlarda metallik xossa yaqqol ko'zga tashlanadi; davrda chapdan o'ngga o'tib borilganda elementlar atom radiuslari kichiklashib, ionlanish potentsiali va nisbiy elektrmanfiyligi ortib boradi. Natijada chapdan o'ngga o'tib borgan sari elementlarda metallmaslik xususiyati kuchayib boradi. Shu tartibda element atomlarining qaytaruvchiligi kamayib boradi va davr oxiridan oksidlovchilik xu-

susiyati yuqori bo'lgan elementlar o'rin olgan. Davriy sistemaning I gruppasining eng pastdagi elementi fransiydan VII gruppaning eng yuqoridagi elementi ftorga o'tkazilgan diagonalning ikki uchida joylashgan elementlarda ikki qarama-qarshi xususiyat eng kuchli ifodalangan.

Jadvaldagi qolgan barcha elementlarda shu xususiyatlar oraliq vaziyatni egallaydi.

Muhim oksidlovchi va qaytaruvchi xossasiga ega bo'lgan moddalar quyidagi VII. 1-jadvalga joylashtirilgan.

VII.1-jadval

### Muhim oksidlovchi va qaytaruvchilar

Oksidlovchilar	Qaytaruvchilar
1. Metallmaslar – galogenlar, kislorod, ozon, olingugurt, azot, fosfor, uglerod, vodorod va boshqalar	1. Metallar
2. Metallmaslarning eng yuqori musbat oksidlanish darajasidagi birikmalari – $\text{HClO}_4$ , $\text{KClO}_3$ , $\text{H}_2\text{SeO}_4$ , $\text{HOCl}$ , $\text{HNO}_3$ , oksidlar, peroksidlar va boshqalar	2. Oraliq oksidlanish darajasidagi metallar birikmalari: $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Cr}^{2+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Sn}^{2+}$ va boshqalar
3. Konsentrlangan $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ va $\text{HNO}_3 + \text{HF}$ lar aralashmalari	3. Metallmaslar gidridlari $\text{HI}$ , $\text{HBr}$ , $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{NH}_3$ , $\text{CH}_4$ , $\text{H}_2$ va boshqalar
4. Metallarning eng yuqori oksidlanish darajalaridagi birikmalari – $\text{KMnO}_4$ , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , $\text{CrO}_3$ , $\text{CuO}$ , $\text{K}_2\text{FeO}_4$ va boshqalar	4. Oraliq oksidlanish darajasidagi metallmaslar birikmalari: $\text{CO}$ , $\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{HNO}_2$ , $\text{H}_2\text{SO}_3$ va boshqalar
5. Metallar va metallmaslarning oraliq oksidlanish darajalaridagi birikmalari*: $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_2$ , $\text{HNO}_2$ , $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , $\text{MnO}_2$ , $\text{PbO}_2$ va boshqalar	5. Organik moddalar (uglevodorodlar, spirtlar, aldegidlar, ketonlar va boshqalar)
6. Elektroliz jarayonida anod	6. Elektroliz jarayonida katod

\* metallar va metallmaslarning oraliq oksidlanish darajasidagi birikmalari ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi xossalarga ega bo'ladi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalaridagi stexiometrik koeffitsientlarni tanlashda ikkita usul mavjud. Ularning ikkalasi ham bir xil holatga asoslanadi:

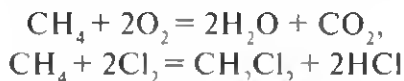
**!** *oksidlanish-qaytarilish jarayonlarida qaytaruvchining bergan elektronlar soni oksidlovchi qabul qilgan elektronlar soniga teng.*

## VII 2. Reaksiya tenglamasi koeffitsientlarini tanlash usullari

### VII.2.1. Elektron balans usuli

Bu usul *oksidlovchining qabul qilgan va qaytaruvchining bergan elektronlari soni bir-biriga teng bo'lishi shartiga asoslangan.*

Reaksiya davomida elementlarning faqat oksidlanish darajalarining o'zgarishini hisoblash asosida olingan va berilgan elektronlar soni topiladi; bu borada elementlar valentligiga asoslanib bo'lmaydi. Deyarli hamma organik moddalarning valentliklari shunday reaksiyalarda o'zgarmaydi; masalan, metanning yonishi va xlorlanish reaksiyalariga ahamiyat beraylik:



ikkala reaksiyada ham uglerod atomining valentliklari o'zgarmadi, lekin metandagi uglerodning oksidlanish darajasi  $-4$  dan  $\text{CO}_2$  ga o'tganda  $+4$  gacha, keyingi reaksiyada esa  $0$  gacha ortadi. Faqat oksidlanish darajasi-gina yuz bergan hodisalarni tushunishga yordam beradi.

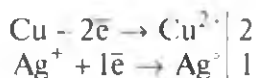
Bu usul reaksiyada qatnashuvchi oksidlovchining birlashtirgan elektronlar sonini qaytaruvchining bergan elektronlari soniga tenglashtirish bilan cheklanadi. Reaksiya tenglamasini tuzish uchun reaksiyaga kirishuvchi boshlang'ich moddalar va reaksiya mahsulotlarining formulalarini bilish zarur. Hosil bo'lgan mahsulotlardagi qaytarilgan va oksidlangan moddalarning reaksiya davomida oksidlanish darajalari aniqlanishi kerak.

Bir necha misollar yordamida bu usulni o'quvchilarga eslatamiz.

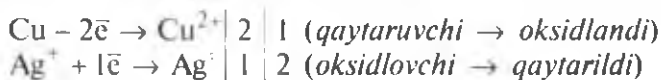
**1-misol.** Mis simi bilan kumush nitrat eritmasi orasidagi reaksiya tenglamasida o'z oksidlanish darajasini o'zgartgan elementlar ostiga chizib chiqamiz:



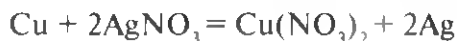
Har bir oksidlovchi va qaytaruvchining ishtirokini aks ettirish uchun elementning bergan va birlashtirib olgan elektronlar sonini ko'rsatuvchi elektron sxemani tuzamiz:



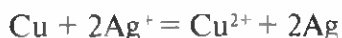
Bu sxemaning o'ng tomonida vertikal chiziqdan keyin reaksiyada qatnashgan elektronlar soni yoziladi. Bu raqamlarning ko'paytuvchisi  $2$  ga teng, bu raqamni mis va kumushning oksidlanish darajasini o'zgartuvchi elektronlar soniga bo'lib, natijalarni keyingi vertikal chiziq orqasiga yozamiz:



Olingan raqamlar tegishli elementlarning tenglamadagi koeffitsienti bo'ladi:



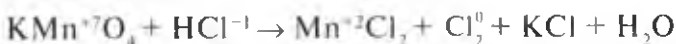
Reaksiyada ishtirok etgan zarrachalarning o'zlarinigina ko'rsatish maqsadida jarayonning qisqartirilgan ion tenglamasini keltiramiz.



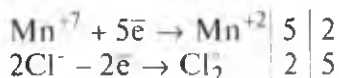
**2-misol.** Kaliy permanganatning konsentrlangan xlorid kislotasi bilan reaksiya tenglamasi:



Oksidlanish darajasi o'zgargan elementlarning oksidlanish darajalari qiymatlarini qo'yib chiqamiz:



Oksidlovchi va qaytaruvchilarning xususiy elektron sxemalarini tuzamiz:



Ikkinchi qatordagi xlorning oksidlangan shakli — xlor molekulasiga ikki atomdan hosil bo'lgani sababli reaksiyadan oldingi ionidan ikkita olish kerak (*material balans* yuzaga keltiriladi).

Topilgan elektronlar sonini qisqartirib bo'lmaydi, shuning uchun oksidlovchi qabul qilgan elektronlar sonini oksidlangan xlor molekulasiga ko'effitsient qilib yoziladi. Reaksiyada qatnashgan zarrachaning qaysi biri uchun topilgan raqam ko'effitsient bo'lishini to'g'ri topish ahamiyatlidir. Topilgan ko'effitsientni HCl, MnCl<sub>2</sub> yoki KCl oldiga qo'yilmaydi, topilgan 5 ko'effitsientni faqat oksidlangan zarracha oldiga qo'yish to'g'ri bo'ladi. Qolgan hollardagi xlor ioni kationlarni bog'lashdagina qatnashadi:



Qaytarilgan marganes atomi oldiga ham, boshlang'ich KMnO<sub>4</sub> oldiga ham 2 ko'effitsientni qo'yish kerak. Bu zarrachalar tenglamani ikki tomonida bittadan modda tarkibida uchraydi:



KMnO<sub>4</sub> ning ko'effitsienti 2 ni KCl oldiga ham qo'yiladi:



Tenglamani o'ng tomonidagi xlor atomlarini tutgan zarrachalar ko'effitsientlari tanlanib bo'ldi, endi ularning soniga teng bo'lgan qiymat 16(2 · 2 + 5 · 2 + 2) ni HCl oldiga qo'yish kerak. Endi atomlar soniga teng miqdordagi vodorod atomlari soni o'ng tomonda va chap tomonda teng bo'lishi uchun 8 ko'effitsientni suv molekulasiga qo'yamiz:

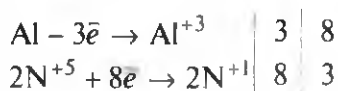


Kislorod atomlari soni chap va o'ng tomonda bir xil bo'lishini tekshirish oson. Ikkala tomonda zarrachalar miqdori balans holiga kelgan tenglamada  $\rightarrow$  o'rniga tenglik alomatini yozish o'rinli bo'ladi.

3-misol. Suyultirilgan nitrat kislotasi bilan aluminij orasidagi reaksiyada aluminij o'zining maksimal oksidlanish darajali  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  ni hosil qilib oksidlanadi, azot +5 holatdan azot(I) oksidgacha qaytariladi:



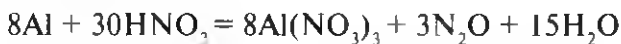
Oksidlovchi va qaytaruvchilarning xususiy elektron sxemalari:



Reaksiyada qatnashgan Al zarrachalari ikkala tomonda ham bittadan bo'lgani sababli topilgan koeffitsientlar(8)ni ular oldiga, azotning koeffitsientini esa faqat qaytarilgan mahsulotdagi  $\text{N}_2\text{O}$  oldiga qo'yamiz:



Tenglamaning o'ng tomonida 30 ta azot atomi bo'lgani uchun shu raqamni  $\text{HNO}_3$  oldiga va undagi 30 ta vodorodga teng bo'ladigan 15 ta suv molekulasini oldiga yozamiz:

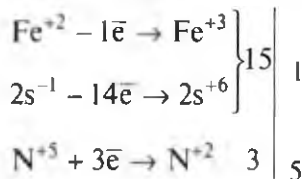


Tenglamaning chap va o'ng tomonida 90 tadan kislorod atomlari bor.

4-misol. Reaksiyada yagona oksidlovchi va ikkita qaytaruvchi bo'lgan reaksiya  $\text{FeS}_2 + \text{HNO}_3$  tenglamasida temir va oltingugurt atomlarining oksidlanish darajalari +2 va -1 dan tegishli ravishda +3 va +6 ga o'tadi, nitrat kislotadagi azotning oksidlanish darajasi +5 dan +2 ga o'tadi:



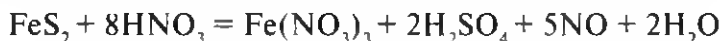
Har bir elementning xususiy elektron tenglamalarini tuzamiz:



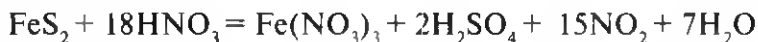
Topilgan koeffitsientlarning birini pirit oldiga, ikkinchisini esa NO oldiga qo'yish kerak, chunki qaytarilgan azotdan tashqari mahsulotlar orasida bog'langan, oksidlanish darajasi o'zgarmagan azot ham bo'lgani sababli bu koeffitsientni faqat oksidlanish darajasi pasaygan azot birikmasi oldiga qo'yish kerak:



O'ng tomondagi azot atomlarining soni 8 ta bo'lgani uchun bu raqamni chap tomondagi  $\text{HNO}_3$  oldiga qo'yamiz, undagi 8 ta vodorod atomi 2 mol sulfat kislota va yana qo'shimcha 2 mol suv tarkibida bo'ladi:



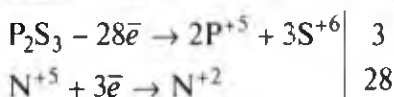
Agar shunday reaksiyada konsentrlangan nitrat kislota olinganda edi, quyidagi tenglamaga



ega bo'lishimizni o'quvchilar keltirib chiqarishini tavsiya etamiz.

Shunga o'xshagan tenglamalarda yagona modda tarkibidagi ikkita element oksidlanishi ro'y berganda ular uchun ayrim-ayrim xususiy elektron sxemalar tuzmasdan ham koeffitsientlarni tanlash mumkin.

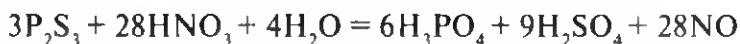
5-misol.  $\text{P}_2\text{S}_3$  ni suyultirilgan nitrat kislota bilan oksidlanish reaksiyasini chala holda yozamiz:



Topilgan koeffitsientlarni qo'yib chiqamiz:



Tenglamaning o'ng tomonida 36 ta vodorod atomi bo'lgani uchun boshlang'ich moddalar qatoriga yana 4 mol suv ham qatnashishi kerakligiga va natijada sxema tenglashgan holga kelishiga erishamiz:

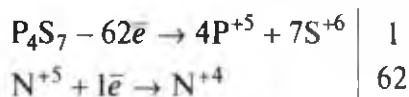


Shunday uslubni oksidlanuvchi modda formulasidagi elementlarning oksidlanish darajalarini butun raqamlar bilan ifodalab yoki aniqlab bo'lmaydigan hollarda qo'llash osonlik tug'diradi.

6-misol. Shunday usulda fosfor va oltingugurtning o'zaro hosil qilgan  $\text{P}_4\text{S}_3$ ,  $\text{P}_2\text{S}_5$ ,  $\text{P}_4\text{S}_5$ ,  $\text{P}_4\text{S}_7$ ,  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  kabi birikmalaridagi elementlarining nitrat kislota bilan oksidlanish reaksiya tenglamalaridan biri uchun koeffitsientlarni tanlab ko'raylik:

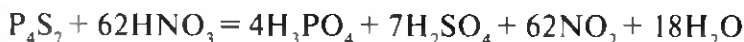


Xususiy elektron sxemalar (konsentrlangan  $\text{HNO}_3$  ishtirokida):

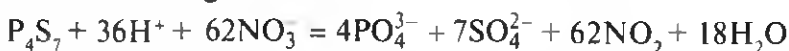




Koeffitsientlarni qo'yib chiqamiz:



Molekular-ionli tenglama shakli:



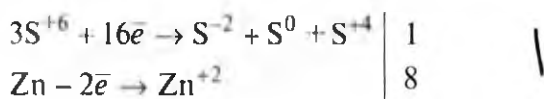
Qolgan fosfor sulfidlarining oksidlanish reaksiyalarida ham shu usulda koeffitsientlarini tanlash qulay bo'ladi.

Oksidlovchi molekulasining yagona qaytaruvchi yordamida uchta turli xil oksidlanish darajasiga ega bo'lgan mahsulotlar hosil qiladigan reaksiya uchun yagona bir misol ma'lum. Uni ham ko'rib chiqaylik.

**7-misol.** Konsentrlangan sulfat kislota bilan rux orasidagi reaksiyani ohista qizdirish bilan olib borilganda oltingugurt uch xil mahsulot hosil qilib qaytariladi:



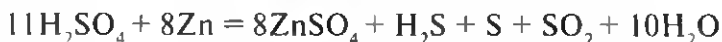
Bu jarayonning xususiy elektron sxemasini tuzamiz:



Oksidlovchi va qaytaruvchilar oldiga tegishli koeffitsientlar  $(3 + 8) = 11$  va  $8$  ni qo'yamiz:



tenglamaning o'ng tomoniga 10 mol suv qo'shib yozamiz:



Ma'lum reaksiyalar orasida faqat shunisidagina oksidlovchi bir necha xil oksidlanish darajasiga ega bo'lgan mahsulot hosil qilib qaytariladi.

## VII.2.2. Yarim reaksiyalar usuli

Elektron balans usulida biz xususiy elektron sxemalari yozishda haqiqatda eritmada mavjud bo'la olmaydigan zarrachalarga tegishli oksidlanish darajasini yozdik. Lekin, suvli eritmada biz  $MnO_4^-$  ioni o'rniga  $Mn^{+7}$  ni (2-misol),  $NO_3^-$  o'rniga  $N^{+5}$ ,  $N_2O$  ni  $N^{+1}$  holida (3-misolda), suvda erimaydigan  $FeS_2$  ni  $Fe^{+2}$  va  $S^{-1}$  (4-misol) va boshqa hollarda murakkab modda tarkibini soddalashtirib, haqiqatda yo'q bo'lgan zarrachalarni, shu zarrachalardagi elektronlarni to'g'ridan-to'g'ri bir elementdan ikkinchi elementga o'tishini juda soddalashtirilgan, amalda kuzatilishi

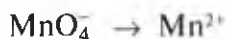
mumkin bo'lmagan usulda yozdik. Bunday holatlar har doim ion atrofida-gi zarrachalar yoki ularga koordinatsiyalangan erituvchi molekulari vositasida yuz beradi.

Shu sababli, elektron balans usuli haqiqatda sodir bo'lmaydigan jara-yonni koeffitsient tanlashga jalb etadi. Quyida xususiy elektron sxemalarini atom, molekula yoki ion vositasida tuzamiz va tegishli o'rinda eritmadagi muhit ( $H^+$ ,  $HO^-$  yoki  $H_2O$  molekulasini) ni jalb etib, har bir sxemada massalar va zaryadlarni tenglik alomatining ikki tomonida o'zaro teng bo'lishini amalga oshirib masalani hal etamiz.

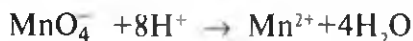
2-misoldagi reaksiya tenglamasini quyidagicha yozamiz:



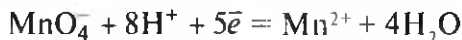
Xususiy elektron sxemani faqat oksidlovchi uchungina yozaylik:



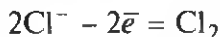
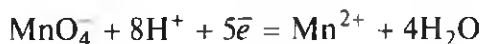
chap tomondagi to'rtta kislorod atomini o'ng tomonga turg'un mahsulot — suv holida yozamiz (bunda chap tomonga 8 ta  $N^+$  ionini yozamiz, bu zarracha eritmada HCl dissotsilanishi natijasida paydo bo'ladi):



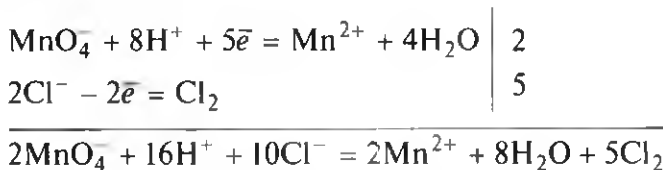
Chap tomondagi 7 ta musbat zaryadga 5 ta elektron qo'shilgandagina o'ng tomondagi zaryad (+2) ga teng natijani olamiz:



Misolimizning ikkinchi xususiy elektron sxemasi o'z holida qoladi, ul-arni birlashtiramiz:



Bu koeffitsientlarni tegishli sxemalarda yozamiz va ikkalasining har bir qis-mini (bunda topilgan koeffitsientlarni hisobga olishni unutmaslik kerak) qo'shib, natijani jamlaymiz:



Tenglamaning ikkala tomonidagi zaryadlarning soni (chap tomonda —  $-12 + 16 = +4$  va o'ng tomonda ham  $+4$ ) bir xil bo'lishiga ishonch hosil

bo'lgandan keyin, olingan tenglama 2-misoldagi reaksiyaning qisqartirilgan ionli ko'rinishi ekanligini ta'kidlash mumkin.

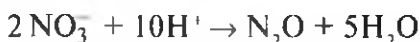
Molekular tenglamada o'ng tomonga 2 ta  $K^+$ , 6 ta  $Cl^-$  qo'shilishi kerak, chunki o'ng tomondagi 2 ta  $Mn^{2+}$  ga 4 ta  $Cl^-$  ionlari va  $2K^+$  ga yana 2 ta  $Cl^-$  ionlari yozishda balans saqlanib qolishi kerak:



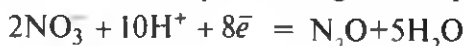
3-misoldagi nitrat kislotasi qoldig'i bilan ham shunga o'xshash amallarni bajaramiz:



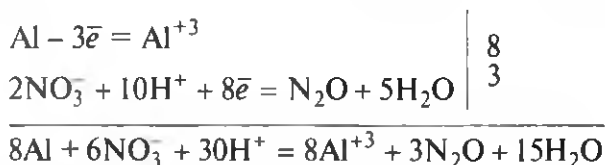
sxemani quyidagicha yozamiz:



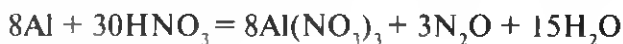
Chap tomondagi zaryadlar yig'indisi o'ng tomondagi kabi nolga teng bo'lishi uchun chap tomonga 8 ta elektron qo'shib tenglamani qayta yozamiz:



Aluminiyning oksidlanish sxemasi bilan birlashtirib ularni qo'shib chiqamiz:



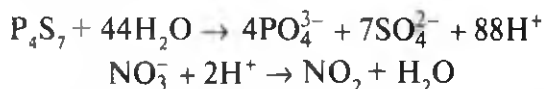
Ikkala tomondagi zaryadlar bir-biriga teng. Endi molekular tenglamani yozishda o'ng tomondagi 8 ta aluminiy ionlari bog'lash uchun 24 ta  $NO_3^-$  ionlari chap tomonga qo'shib yozamiz:



Quyidagi misolga to'xtalib o'tamiz.



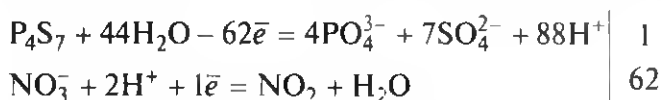
Xususiy elektron sxemalari:



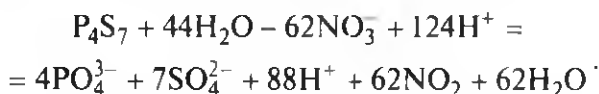
$P_4S_7$  ning oksidlangan mahsulotlarini ortofosfat va sulfat ionlari holida yozish uchun birinchi sxemaga 44 ta suv molekulasini qo'shamiz va o'ng tomonga 88 ta  $H^+$  ionlarini yozib zarrachalar balansini keltirib chiqaramiz.

Endi zaryadlar balansini tuzish uchun oksidlangan mahsulotlardagi zaryadlar yig'indisi  $4 \cdot (-3) + 7(-2) + 88 = 62$  ta musbat zaryadni chap

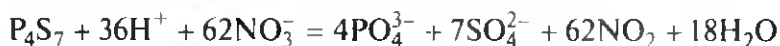
tomonda ham paydo bo'lishi uchun undagi zarrachalar zaryadlari yig'indisi 0 dan 62 ta elektronni ayirish kerak. Ikkinchi xususiy sxemaning chap tomoniga bitta elektron qo'shilganda zaryadlar yig'indisi nolga teng bo'ladi:



Tomonlardagi zarrachalar yig'indisini yozamiz:

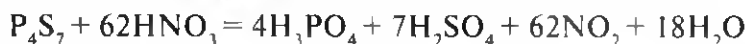


Tenglamani chap tomonidagi  $44H_2O$  ni o'ng tomondagi  $62H_2O$  dan ayirsak o'ng tomonda 18 ta  $H_2O$  qoladi. Chap tomondagi 124 ta  $H^+$  dan o'ng tomondagi 88 ta  $H^+$  ni ayirsak, chap tomonda 36 ta  $H^+$  ioni qoladi:



Bu tenglikning ikkala tomonidagi zaryadlar  $-26$  tadan ekanligi zaryadlar balansi mavjudligini ko'rsatadi. Tegishli hisoblardan keyin ikkala tomondagi zarrachalar soni ham bir-biriga tengligini ko'ramiz.

Molekular tenglamani tuzish uchun o'ng tomondagi kislotaga qoldiqlari zaryadiga teng miqdorda  $N^+$  ionlari  $-26H^+$  ni qo'shish kerak:



Yarim reaksiya usulida olingan natija elektron balans usulida olingan natijadan farq qilmaydi.

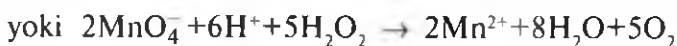
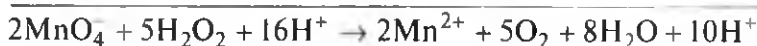
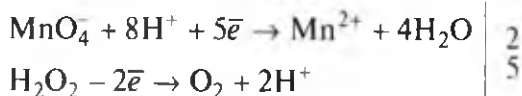
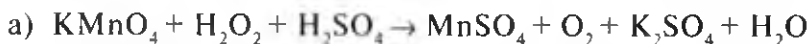
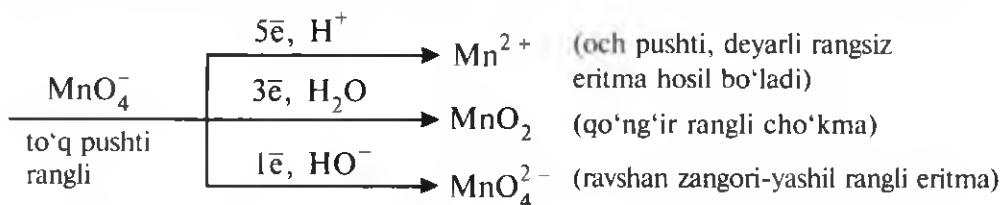
Yarim reaksiya usulining elektron balans usulidan afzalligi xayoliy ionlar  $Mn^{7+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $S^{6+}$ ,  $N^{5+}$ ,  $S^{4+}$  o'rniga eritmada mavjud bo'lgan  $MnO_4^-$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $SO_2$  va boshqa ko'pgina zarrachalar bilan muomala qilinadi. Shunday zarrachalar qatnashadigan ko'pgina jarayonlar — elektroliz, galvanik elementlar ishlashida va boshqa hollarda yarim reaksiya tenglamalari bilan ish tutiladi. Suvli eritmalarda bo'ladigan oksidlanish qaytarilish reaksiya tenglamalarini tuzishda yarim reaksiya uslubining afzalligi shubhasizdir.

### **VII 3. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga eritma muhitining ta'siri**

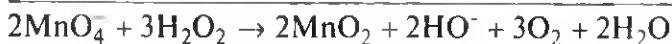
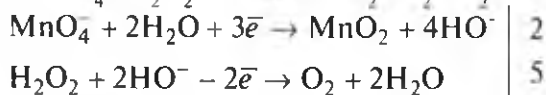
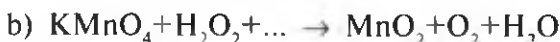
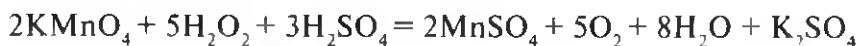
Eritma xususiyati reaksiya borishiga turli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Oksidlovchi va qaytaruvchi orasidagi reaksiyaning yo'nalishiga eritmadagi  $H^+$  va  $HO^-$  ionlarining mavjudligi yoki eritmaning neytral xususiyatga ega bo'lishi katta ta'sir qiladi.

Quyidagi sxemalarda keltirilgan moddalar, qaytaruvchi tabiatiga qaramasdan, sharoit xossasiga bog'liq bo'lgan tartibda hosil bo'ladi.

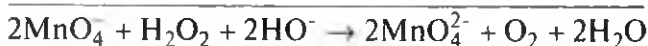
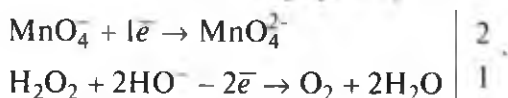
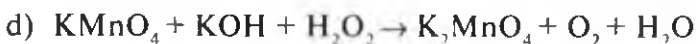
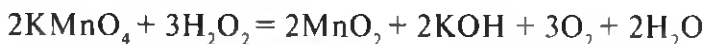
1)  $\text{KMnO}_4$  eritmada ko'pchilik qaytaruvchilar bilan reaksiya natijasida tegishli mahsulot hosil qilib qaytarilishi quyidagi sxema bilan ifodalanadi:



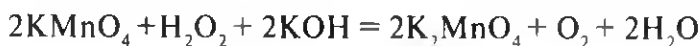
Molekular ko'rinishda:



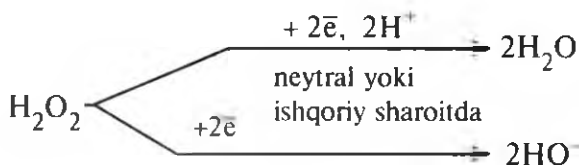
Molekular tenglama:



Molekular tenglama:



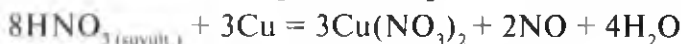
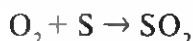




## VII 4. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sinflashtirilishi

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini 4 sinfga bo'linadi:

1. *Atomlararo yoki molekularlararo oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari.*



Bu reaksiya tenglamalarida oksidlovchi moddalar birinchi holatda yozilgan, ikkinchi moddalar esa qaytaruvchilardir. Bunday reaksiyalarda elektron almashinish jarayoni ikkita modda (atom, molekula) orasida sodir bo'ladi. Oksidlovchining oksidlanish darajasi pasayadi, qaytaruvchiniki esa ortadi.

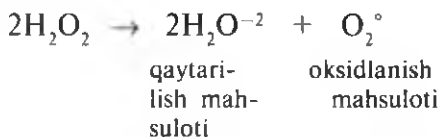
2. *Ichki molekular oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari.* Bunday reaksiyalarda yagona modda tarkibida ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi modda bo'lib, reaksiya shu zarrachalar orasida sodir bo'ladi. Masalan:



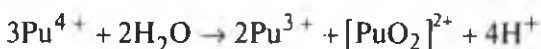
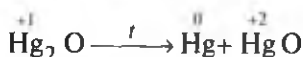
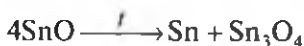
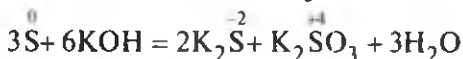
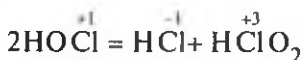
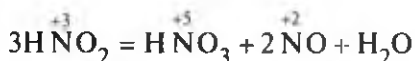
Bunday reaksiyalarda elektron almashinish jarayoni bir molekulaning o'zidagi zarrachalar orasida sodir bo'ladi.

3. *Disproporsiyalanish reaksiyalari.*

Bunday jarayonlarda bir element o'zining oraliq oksidlanish darajasidan ikki xil—biri yuqoriroq, ikkinchisi kichikroq oksidlanish darajasi holatiga o'tishi kuzatiladi. Masalan:

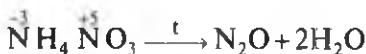
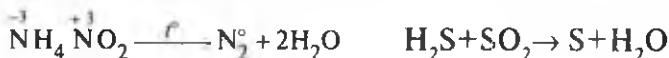


Vodorod peroksid tarkibidagi kislorod atomi oksidlanish darajasi —I holatdan nolga qadar ko'tarildi (qaytarildi), ikkinchisida esa, oksidlanish darajasi —2 ga qadar pasaydi (oksidlandi). Bunday reaksiyalarda qatnashadigan moddalardagi elementning oksidlanish darajasi shu elementga xos bo'lgan oksidlanish darajalarning oraliq holatidan birida bo'lishi kerak. Yana bir necha misollar keltiramiz:



#### 4. Sinproporsiya reaksiyalari.

Elementlardagi turli xil oksidlanish darajasidagi atomlar reaksiya natijasida bir xil oksidlanish darajadagi birikmalarga aylanishi *sinproporsiya reaksiyalari* deb ataladi. Masalan:

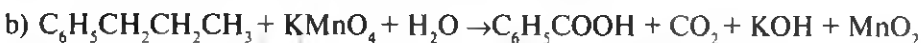
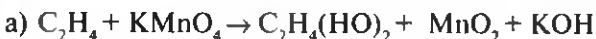


Bunday reaksiyalarda sodir bo'ladigan vaziyat disproporsiyalanishdagi holatning teskarisi ekan.

#### Savol va topshiriqlar

?

1. Quyidagi moddalar orasida sodir bo'ladigan (mahsulotlar formulalari strelkadan keyin keltirilgan) oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari

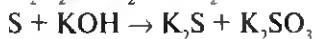
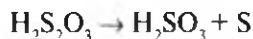
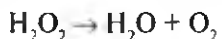


2. Qanday usulda quyidagi reaksiyalar





3. Sizga ma'lum bo'lgan disproporsiyalanish reaksiyalari



uchun umumiy bo'lgan xususiyatlarni toping.

4. Quyidagi reaksiya



tenglamasidagi barcha koeffitsientlar yig'indisini hisoblang.

### Testlar

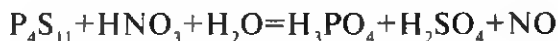
1. Quyidagi oddiy moddalar orasidan ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi hossaga ega bo'ladiganlarini tanglang:

1) vodorod; 2) fluor; 3) rux; 4) oltingugurt; 5) fosfor;  
6) bariy; 7) kislorod; 8) azot; 9) oltin; 10) mis.

A) 1,3,5,7,9 B) 1,4,5,7,8 C) 2,4,6,8,10

D) 1,2,4,6,10 E) 2,3,5,7,10

2. Quyidagi reaksiyadagi moddalar koeffitsientlarining yig'indisi nechaga teng bo'ladi?



A) 218 B) 232 C) 228 D) 230 E) 222

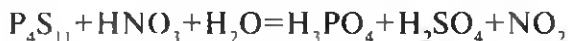
3. Quyidagi oddiy moddalar orasidan qaytaruvchi hossaga ega bo'ladiganlarini tanlang:

1) vodorod; 2) fluor; 3) rux; 4) oltingugurt; 5) fosfor;  
6) bariy; 7) kislorod; 8) azot; 9) oltin; 10) mis.

A) 1,2,5,6,7,9,10 B) 1,4,5,7,8 C) 1,3,4,5,6,7,8,9,10

D) 1,2,4,6,10 E) 1,2,3,4,5,7,10

4. Quyidagi reaksiyadagi moddalar koeffitsientlarining yig'indisi nechaga teng bo'ladi?



A) 218 B) 232 C) 228 D) 230 E) 214

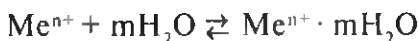
Elektrkimyo fani elektr energiyalar manbaysi bo'la oladigan oksidlanish-qaytarilish jarayonlarini yoki elektr toki ishtirokida sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini o'rganadi. Elektrkimyo jarayonlari metallar, ionlar va elektrolitlar vositasida amalga oshadi.

### VIII 1. Metallning muvozanat elektrod potentsiali

Har qanday metall o'ziga xos strukturaga ega, uning kristall panjara tugunlarida metall ionlari joylashgan. Ular oralig'ida hamma ionlar uchun umumiy bo'lgan elektronlar quyidagi tenglama bilan ifodalanadigan muvozanat vaziyatida bo'ladi:



Agar metall plastinka suvga botirilsa, plastinka yuzasidagi metall ionlarining qandaydir qismi qutbli suv molekullari ta'sirida gidratlangan ionlar holida eritmaga o'tadi:

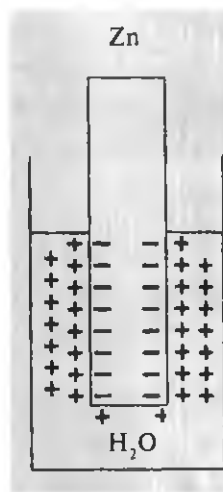


ikkala tenglamani umumlashtirgan holda quyidagicha:

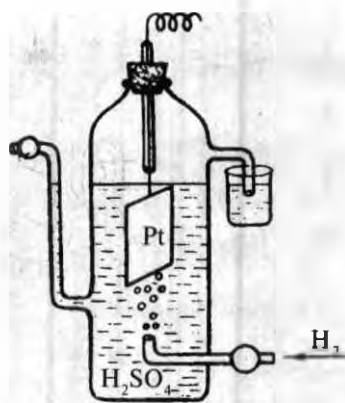


yo'zish mumkin. Bu jarayon metallning elektron yo'qotishi — *oksidlanishi* va gidratlangan metall ionlari elektronlarni o'ziga birlashtirib, plastinka yuzasida metallning *qaytarilishi* bir vaqtning o'zida yuz beradi.

Muvozanat vaziyatida eritmaga qancha metall ionlari o'tgan bo'lsa, shuncha miqdorda ular eritmadan plastinka yuzasiga qaytib o'tadi, natijada dinamik muvozanat qaror topadi. Demak, metallning yuza qatlamida manfiy zaryad hosil bo'ladi. Bu zaryad eritmadagi musbat zaryadlangan metall ionlarini o'ziga tortib turishi natijasida metall bilan eritma chegarasida qarama-qarshi zaryadlardan iborat *qo'sh elektr qavat* paydo bo'ladi (VIII. 1-rasm).



VIII. 1-rasm.  
Qo'sh elektr qavat.



VIII. 2-rasm.  
Vodorod elektrod.

Agar shunday plastinkani suvga emas, shu metallning tuzi eritmasiga tushirilsa, eritmadagi ionlarning bir qismi metall yuza qatlamida to'planadi va plastinka yuzasida musbat zaryad paydo bo'ladi, u eritmadan tuzning manfiy zaryadlangan anionlarini tortib turadi, yana faqat ishoralari teskari bo'lgan juft elektr qavat paydo bo'ladi.

Eritmaga tushirilgan plastinkani *elektrod* deb, metall-eritma chegarasida paydo bo'lgan potensialni *metallning muvozanat elektrod potentsiali* deb ataladi.

Metallning *standart elektrod potentsiali* metall plastinkasi bilan konsentratsiyasi 1 mol bo'lgan shu metall tuzi eritmasi chegarasida standart sharoitdagi potensialiga teng bo'ladi.

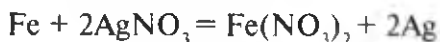
Elektrod potentsialining qiymatini to'g'ridan-to'g'ri o'lchab bo'lmaydi, uning kattaligini bironta standart elektrodga nisbatangina aniqlash mumkin. Shu maqsadda potentsiali o'lchanishi kerak bo'lgan element bilan standart elektrodan *galvanik element* tuziladi va uning *elektr yurituvchi kuchi* EYUK o'lchanadi. Standart elektrod sifatida potentsiali nolga teng deb qabul qilingan *vodorod elektrod* olinadi (VIII. 2-rasm). Vodorod elektrod sulfat kislotaning 1 normal eritmasiga tushirilgan kukun holdagi platina bilan qoplangan platina elektrodan iborat. Bu elektrodga toza vodorod oqimi 101,325 kPa bosim ostida yuboriladi. Elektrodga platina kukuni katalizatorligida  $H_2$  molekulasi atomlarga parchalanadi va shu elektrod yuzasida kislota eritmasidagi  $H^+$  ioni orasida muvozanat qaror topadi:  $H_2 \rightleftharpoons H^+ + e^-$ . Demak, bu elektrodga vodorodning oksidlanishi ( $H^+$ ) va uning qaytarilishi kuzatiladi (bu jarayonda platina ishtirok etmaydi, u faqat atomar vodorod hosil qilishdagina qatnashadi).

Vodorod elektrod boshqa elementlarning elektrod potentsialini o'lchash uchun zarur (VIII. 3-rasm).

Vodorodga nisbatan aktiv metallarning potentsiallari manfiy zaryad bilan, unga nisbatan passiv bo'lgan metallarniki musbat zaryad bilan belgilanadi. Metallning *ionlanish energiyasi kichik* va *gidratlanish energiyasi katta* bo'lgan sari *metallning oksidlanishi oson* sodir bo'ladi. Shu bilan birga, musbat zaryadlangan aktiv metall ioni qanchalik oson elektron yo'qotgan bo'lsa, shunchalik ionning oksidlovchilik xossasi kichik bo'ladi. Shu sababli, ishqoriy metallarning qaytaruvchilik xossalari yuqori, elektrod potentsiallari kichik, ionlarning oksidlovchilik xossalari zaif bo'ladi.

Ularning ionlarini faqat suvsiz sharoitda elektr toki vositasida qaytarish mumkin.

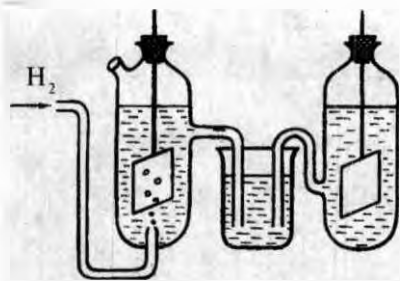
Aksincha, kumush, oltin va platina kabi metallarning ionlanish potensiallari, elektrod potensiallari yuqori; qaytaruvchilik xususiyatlari zaif bo'lgan ionlarining oksidlovchilik xossalari ham nisbatan yuqori bo'ladi. Ularning ionlari elektrod potensiallari kichikroq bo'lgan metall atomlarini oksidlashi mumkin:



Xulosa qilib aytganda, sistemaning oksidlanish-qaytarilish potentsiali qanchalik katta bo'lsa, metallning oksidlangan shakli shunchalik kuchli oksidlovchi xossaga ega bo'ladi. Elektrod potentsial elektronlarning eritmaga o'tishga intilish jarayonining nisbiy o'lchami bo'ladi. Shu sababli, bu jarayonlarni oksidlanish-qaytarilish emas, oksidlanish potentsiali deb atash o'rinli bo'lar edi va shu bilan birga, umumiy jarayonni esa oksidlanish-qaytarilish muvozanati, sistemasi va hokazo deb atash kerak.

Metallning valentligi o'zgaruvchan bo'lsa, oksidlanish-qaytarilish potentsiallari ham ularning tegishli oksidlanish darajalari uchun belgilanadi, masalan

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}}^0 = -0,04 \text{ B}, \quad E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44 \text{ B}$$



VIII. 3-rasm. Vodorod elektrod yordamida ruxning elektrod potentsialini o'lchash uchun yig'ilgan qurilma.

## VIII 2. Metallarning kuchlanish qatori

Metallarning kuchlanish qatori standart elektrod potentsialini ortib borish tartibidan kelib chiqadi.

VIII. 1-jadvalda bu kattaliklar 25 °C da suvli eritmalar uchun berilgan.

VIII.1-jadval

### Metallarning standart oksidlanish-qaytarilish (elektrod) potentsiallari

Oksidlangan holat	Qaytarilgan holat	Elektrod jarayoni	E <sup>0</sup> , V
1	2	3	4
Li <sup>+</sup>	Li	Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Li	-3,02
K <sup>+</sup>	K	K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → K	-2,92
Cs <sup>+</sup>	Cs	Cs <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Cs	-2,92

1	2	3	4
Rb <sup>+</sup>	Rb	$\text{Rb}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Rb}$	-2,92
Ba <sup>2+</sup>	Ba	$\text{Ba}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Ba}$	-2,90
Sr <sup>2+</sup>	Sr	$\text{Sr}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sr}$	-2,89
Ca <sup>2+</sup>	Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
Na <sup>+</sup>	Na	$\text{Na}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Na}$	-2,71
Al <sup>3+</sup>	Al	$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3\bar{e} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Al} + 4\text{HO}^-$	-2,35
Mg <sup>2+</sup>	Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mg}$	-2,34
H <sub>2</sub>	2H <sup>-</sup>	$\text{H}_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{H}^-$	-2,23
Be <sup>2+</sup>	Be	$\text{Be}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Be}$	-1,85
Al <sup>3+</sup>	Al	$\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}$	-1,67
Ti <sup>3+</sup>	Ti	$\text{Ti}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Ti}$	-1,63
Zn <sup>2+</sup>	Zn	$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\bar{e} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Zn} + 4\text{HO}^-$	-1,22
Mn <sup>2+</sup>	Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}$	-1,63
Zn <sup>2+</sup>	Zn	$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
Cr <sup>3+</sup>	Cr	$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Cr}$	-0,71
Fe <sup>2+</sup>	Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
2H <sup>+</sup> (neytral sharoitda)	H <sub>2</sub>	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$	-0,41
Cd <sup>2+</sup>	Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
Co <sup>2+</sup>	Co	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Co}$	-0,28
Sn <sup>2+</sup>	Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}$	-0,14
Pb <sup>2+</sup>	Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
Fe <sup>3+</sup>	Fe	$\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Fe}$	-0,04
2H <sup>+</sup>	H <sub>2</sub>	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$	0,00
Cu <sup>2+</sup>	Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	$\text{Fe}^{3+} + \bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,77
Ag <sup>-</sup>	Ag	$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Ag}$	+0,80
Hg <sup>2+</sup>	Hg	$\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Hg}$	+0,84
Au <sup>3+</sup>	Au	$\text{Au}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Au}$	+1,42

Elementlarning elektrod potentsiali (elektrokimyoviy qator) dan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

— jadvalning yuqoriroq qismida joylashgan elementlar osonroq oksidlanadi (elektronlarini beradi), ularning ionlari qiyinroq elektronlar qabul qiladi (kuchsiz oksidlovchi bo'ladi);

— har bir metall o'zidan pastroqda joylashgan elementlar ionini eritmada siqib chiqaradi. Magniydan yuqoriroqda joylashgan elementlar bu qonuniyatdan istisno, chunki ular birinchi galda suv bilan aktivroq reaksiyaga kirishadi;

— vodoroddan yuqoridagi ( $E^0$  manfiy qiymatga ega bo'lgan) metallar oksidlovchi xususiyatga ega bo'lmagan kislotalar ( $\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , suyuq  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va boshqalar) eritmalaridan vodorodni siqib chiqaradi;

— vodoroddan pastroqda joylashgan ( $E^0$  musbat qiymatga ega bo'lgan) metallar oksidlovchi xususiyatga ega bo'lmagan kislotalar bilan reaksiyaga kirishmaydi;

— elektrod potentsiali neytral sharoitda vodorodnikidan ancha kichik bo'lgan metallar (ishqoriy va ishqoriy-yer metallari) suvdan vodorodni siqib chiqaradi.

Magniy vodorodni issiq suvdangina siqib chiqara oladi.

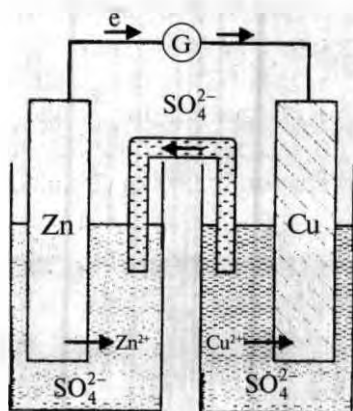
### VIII 3. Galvanik elementlar

Galvanik elementlar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining kimyoviy energiyasini elektr energiyaga aylantiradigan qurilmalardir. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini ayrim-ayrim qismlarda — oksidlanish va qaytarilish jarayonlarini (bir-biridan ajratilgan) elektrodalarda amalga oshirilsa, kimyoviy jarayonda qatnashuvchi elektronlar elektr energiyaning manbai bo'ladi.

Quyidagi galvanik elementni hosil qiluvchi oksidlanish-qaytarilish juftidan iborat sistemani ko'rib chiqamiz:

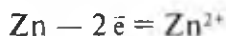
Oksidlangan shakl	Qaytarilgan shakl	Standart elektrod potentsial, V
$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Cu}$		+0,34
	$\text{Zn} - 2e \rightarrow \text{Zn}^{2+}$	-0,76

Birinchi qatordagi sistema (standart elektrod potentsialining qiymatiga binoan) ikkinchisiga nisbatan oksidlovchi bo'ladi yoki, boshqacha aytganda elektronlar Zn dan  $\text{Cu}^{2+}$  ionlariga o'tadi. Elektronlar harakati (Zn ning oksidlanishida mis ioniga o'tadigan elektronlar oqimi)ni elektr toki manbaiga aylantirish uchun galvanik elementlar xizmat qiladi (VIII. 4-rasm).

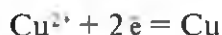


VIII. 4-rasm. *Rux-mis galvanik element sxemasi.*

Bu qurilmada rux va mis elektrodlar o'zlarining tuzlari — sulfatlarining 1 ekv konsentratsiyali (normal konsentratsiyali) eritmalariga tushirilgan. Ikkala stakanga kaliy sulfatning to'yingan eritmasi quyilgan U-simon naycha bilan birlashtiriladi. Agar ikkala elektrodni sim bilan ulansa, elektrodlarda oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi boshlanadi. Bunda rux elektrod (anod)dan eritmaga rux ionlari o'tadi:



bu elektronlar tashqi zanjir (sim) orqali mis elektrod (katod)ga o'tadi va ular eritmadagi mis ionini qaytaradi:



Oksidlanish jarayoni sodir bo'layotgan elektrodni *anod*, qaytarilish jarayoni sodir bo'layotgan elektrodni *katod* deb ataladi.

Yuqoridagi ikkala jarayonni birlashtirib yozsak:



Shu oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi hisobiga elektrodni birlashtirgan sim orqali (tashqi zanjir) elektronlar rux elektrodan mis elektrodga, ichki zanjir (U-simon naycha) orqali sulfat ionlari  $\text{CuSO}_4$  li idishdan  $\text{ZnSO}_4$  li idish tomon harakat qiladi. Tashqi zanjir ulangan bo'lganda rux elektrod asta-sekin eriydi, mis elektrodga eritmada qaytarilgan mis ajraladi.

Kimyoviy jarayonning molekular tenglamasi:



Har qaysi elektrodga sodir bo'layotgan jarayonning oksidlanish-qaytarilish potentsiallarining ayirmasi galvanik elementning EYUK ni tashkil etadi [( $E^0$  (musbat) —  $E^0$  (manfiy)):  $EYUK = 0,34 - (-0,76) = 1,1 \text{ V}$ . Shu tarzda boshqa galvanik sistemalarda EYUK ni hisoblash mumkin:

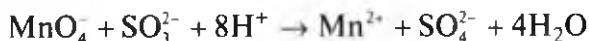
$$EYUK = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 - E_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}}^0 = 0,80 - (-2,34) = 3,14 \text{ V}$$

Bundan ko'rinishicha, galvanik elementni tashkil etishda qatnashadigan elementlar kuchlanish qatorida bir-biridan qancha uzoqroqda joylashsa, EYUK qiymati shuncha katta bo'ladi. Bunday sistemani tuzishda qatnashadigan elektrodlar suv bilan reaksiyaga kirishmasligi kerak.

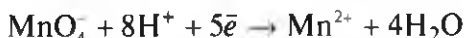
## VIII 4. Oksidlanish-qaytarilish potentsiallari

Oksidlanish-qaytarilish jarayonini neytral elektrodlar yordamida elektrolitik naycha bilan ulangan yacheykalarda olib borilsa, katod va anod oralig'ida potentsiallar farqi paydo bo'ladi.

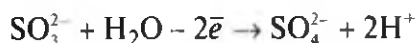
Misol tariqasida  $\text{KMnO}_4$  ning sulfat kislotali eritmada  $\text{K}_2\text{SO}_3$  bilan reaksiyasi sodir bo'lsin:



Oksidlovchining xususiy elektron sxemasi



ga binoan, oksidlovchi elektronlarni inert elektrod (grafit) dan oladi, qaytaruvchi  $\text{SO}_3^{2-}$  ionlari esa boshqa yacheykada inert elektrodga o'zining elektronlarini beradi:



Bu elektronlar oqimi manfiy zaryadlangan elektrodan musbat zaryadlangan elektrod tomon tashqi zanjir — sim orqali oksidlovchi yacheykasiga uzatiladi. Bu yacheykada elektronlarni qabul qilib olgan  $\text{MnO}_4^-$  ning to'q pushti rangi yo'qolib, deyarli, rangsiz  $\text{Mn}^{2+}$  ionlariga aylanadi. Ikkala elektrod chegarasida  $\text{SO}_3^{2-}$  ning oksidlanishi va  $\text{MnO}_4^-$  ning qaytarilishi sodir bo'ladi. Moddalarning oksidlangan va qaytarilgan ionlarini tutgan eritmalar bilan neytral elektrod chegarasida paydo bo'lgan potensialni oksidlanish-qaytarilish muvozanatining potentsiali deb ataladi.

Oksidlanish-qaytarilish potentsiali modda tabiati bilan, uning eritmada-gi oksidlangan va qaytarilgan shakllarining konsentratsiyalari, eritmaning pH qiymati, temperaturasi va boshqa omillar bilan bog'langan bo'ladi.

VIII. 2-jadvalda ba'zi sistemalar uchun standart vodorod elektrodga nisbatan o'lchangan oksidlanish-qaytarilish potentsiallari qiymati keltirilgan.

Oksidlanish-qaytarilish potentsiallari moddalarning oksidlovchilik va qaytaruvchilik xossalarini tavsiflaydi. Jadvalning birinchi qatoridagi yarim reaksiya uchun potensial qiymati  $\text{MnO}_4^-$  ning kislotali sharoitdagi oksidlovchilik xususiyati va  $\text{Mn}^{2+}$  ning qaytaruvchilik xususiyatini tavsiflaydi.

Oksidlanish-qaytarilish potensialining musbat qiymati qancha katta bo'lsa, oksidlangan holatning *oksidlovchilik xususiyati shuncha katta ekanligini* bildiradi. Jadvaldan ko'rinishicha,  $E_{\text{F}_2/2\text{F}}^0$  — oksidlovchilar orasida eng kuchlisi bo'ladi.  $\text{F}^-$  — ionini hech qaysi modda oksidlay olmaydi, bu jarayonni faqat fluoridlarning suyuqlanmasini elektroliz qilish orqali amalga oshirish mumkin.



## 25 °C da suvdagi eritmalar uchun standart oksidlanish-qaytarilish potentsiallari

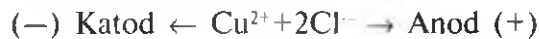
Oksidlangan shakl	Potensialni aniqlovchi reaksiya tenglamasi	$E_{o.-q}^0$ B
$MnO_4^- + 4H^+$	$MnO_4^- + 4H^+ + 3\bar{e} = MnO_2 + 2H_2O$	+1,69
$MnO_4^-$	$MnO_4^- + \bar{e} = MnO_4^{2-}$	+0,56
$Mn^{3+}$	$Mn^{3+} + \bar{e} = Mn^{2+}$	+1,51
$CrO_4^{2-} + 4H_2O$	$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3\bar{e} = [Cr(OH)_6]^{3-} + 2HO^-$	-0,13
$NO_3^- + 4H^+$	$NO_3^- + 4H^+ + 3\bar{e} = NO + 2H_2O$	+0,96
$NO_3^- + 2H^+$	$NO_3^- + 2H^+ + \bar{e} = H_2O + NO_2$	+0,81
$HNO_3 + 3H^+$	$NO_3^- + 3H^+ + 2\bar{e} = HNO_2 + H_2O$	+0,94
S	$S + 2\bar{e} = S^{2-}$	-0,48
$F_2$	$F_2 + 2\bar{e} = 2F^-$	+2,85
$Cl_2$	$Cl_2 + 2\bar{e} = 2Cl^-$	+1,36
$Br_2$	$Br_2 + 2\bar{e} = 2Br^-$	+1,08
$I_2$	$I_2 + 2\bar{e} = 2I^-$	+0,53
$Fe^{3+}$	$Fe^{3+} + \bar{e} = Fe^{2+}$	+0,77

**VIII 5. Elektroliz**

Elektr toki manbai yordamida olib boriladigan oksidlanish-qaytarilish jarayoni elektr energiyasini kimyoviy energiyaga aylanishini amalga oshirib beradi. Bunday jarayonni *elektroliz* deb ataladi.

Elektrolitlar eritmasiga elektrodlar tushirib, ularni doimiy elektr toki manbai bilan ulanganda musbat zaryadlangan ionlar (kationlar) katod (manfiy zaryadli elektrod) tomon, manfiy zaryadga ega bo'lgan ionlar esa anod (musbat zaryadli elektrod) tomon siljishi yuzaga keladi. Katod yuzasida kationlar o'ziga elektronlarni qabul qilib qaytariladi, anionlar esa anod yuzasi bilan to'qnashib o'zlarining elektronlarini beradi, ya'ni anionlar oksidlanadi (VIII. 5-rasm).

Masalan,  $CuCl_2$  ning suvdagi eritmasida  $Cu^{2+}$  va  $Cl^-$  ionlari katod va anod tomon yo'llanadi:



Elektrodlardagi jarayonlar:



*Mis ionlari* katoddan elektron biktirib oladi va erkin metall holigacha *qaytariladi*, *xlor ionlari* elektronlarini beradi, atomlar xlogacha *oksidlanadi* va ikkita xlor atomi birikib gaz holdagi molekulaga aylanadi.

Elektroliz jarayonining mohiyati ham shunda — *katodda qaytarilish*, *anodda esa oksidlanish jarayoni amalga oshadi*.

Sanoatda elektroliz jarayonidan foydalanib marganes, kobalt, rux, kadmiy va boshqa metallarni, kaliy gidroksid, xlor, kislorod, vodorod va boshqa ko'pgina mahsulotlar olinadi.

Tuzlarni hosil qiluvchi kislota va ishqorlar xossalariga qarab ularning elektroliz jarayonida turli holatlar bo'lishi mumkin.

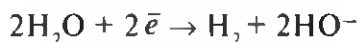
1. Bunday tuzlar tarkibidagi metall ionining oksidlanish-qaytarilish standart potentsiali noldan katta bo'lganda **katodda** faqat tuz hosil qiluvchi asos kationi (Cu—Au) qaytariladi.

2. Neytral eritma elektroliz qilinganda metallning standart elektrod potentsiali  $-0,41 \text{ B}$  dan musbat qiymatga ega bo'lsa, katodda shunday metall qaytariladi.

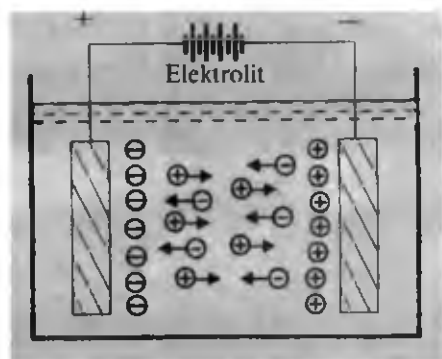
3. Agar metallning standart elektrod potentsiali magniynikidan musbatroq qiymatga ega bo'lsa, katodda bir vaqtning o'zida metall va vodorod hosil bo'ladi.

Elektroliz qilinayotgan tuz konsentratsiyasi, jarayonni olib borishdagi *tok zichligi* (tok kuchining elektrod sathiga nisbati), temperatura va boshqa sharoitlarning o'zgarishi — elektroliz mahsuloti — gaz va metallning miqdorlariga ta'sir qiladi. Bunday hollarda miqdoriy hisoblarni bajarish natijalari aniq bo'lmaydi.

Katodda vodorodning hosil bo'lishi kislotali sharoitda to'g'ridan-to'g'ri  $\text{H}^+$  ionlarining qaytarilishi natijasi bo'ladi. Neytral yoki ishqoriy sharoitda esa bu jarayonda suv molekulasining elektrkimyoviy qaytarilishi yuz beradi:



**Anod** jarayonida bo'ladigan reaksiyalar ko'p holatlar bilan bog'liq. Agar anod sifatida qiyin oksidlanadigan metall, grafit, platina va oltin bo'lsa (ularni *inert anodlar* deb ataladi), uning kimyoviy jihatdan o'zgarishi kuzatilmaydi.



VIII. 5-rasm. Elektroliz sxemasi.

## Metallarning suvli eritmalaridagi standart elektrod potentsiallari

Metallarning qaytaruvchi xossalarning kuchayishi

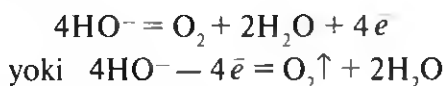
Qaytarilgan shakli	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Ni	Sn	Pb	2H <sup>+</sup>	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
E <sub>0</sub> <sup>I</sup> , B	-3,04	-2,92	-2,87	-2,71	-2,37	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,44	-0,402	-0,25	-0,14	-0,13	0,00	0,34	0,79	0,80	1,20	1,50
Oksidlangan shakli	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pt <sup>2+</sup>	Au <sup>3+</sup>

Metall ionlarining oksidlovchi xossalarning kuchayishi

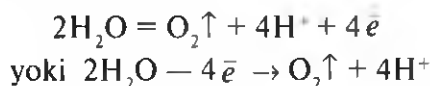
Elektroliz davomida metall oksidlanishi mumkin, unday elektrodni *aktiv anod* deb yuritiladi. Anodda sodir bo'ladigan jarayonlarni birma-bir ko'rib chiqamiz.

1. Inert anod ishtirokida ishqorlar, kislorodli kislotalar va ularning tuzlari, HF va ishqoriy metallar fluoridlari elektrolizida suv oksidlanadi, natijada anodda kislorod ajralib chiqadi. Sharoitga qarab, quyidagi vaziyatlar amalga oshadi:

a) ishqoriy eritmalarda



b) kislotali yoki neytral sharoitda



Ko'pchilik kislota qoldiqlarining anodda oksidlanishi yuqori potensialni talab qilmagan taqdirda ham, ularning ko'pchiligi anodda oksidlanishga qodir emas.

2. Kislorodsiz kislotalar qoldiqlari (HF va fluoridlardan tashqari) anodda oksidlanadi. Xlor ionining standart oksidlanish-qaytarilish potentsiali kislorodnikidan katta bo'lsa ham, kislorodning ajralib chiqishida *o'ta qutblanish* jarayoni kuzatiladi. Shu sababli  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  kabi galogen ionlari kisloroddan ko'ra osonroq oksidlanishi kuzatiladi.

3. Anod aktiv xususiyatga ega bo'lganda oksidlanishda uch xil raqobatli jarayon kuzatiladi:

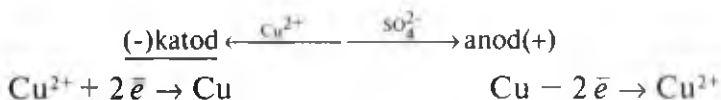
a) suvning oksidlanishi;

b) anionning oksidlanishi;

d) anod yasalgan metallning oksidlanishi. Bu vaziyatlarning qaysi biri amalga oshishi ularning standart elektrod potentsiali qiymatlariga bog'liq.

Quyida bir necha sistemalarning elektrolizini ko'rib chiqamiz.

Mis sulfatni mis anodi ishtirokida olib borilgan elektroliz davomida katodda mis ajralib chiqadi, chunki  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,34 \text{ V}$  (bu qiymat  $-0,41 \text{ V}$  dan katta). Anodda mis metali oksidlanadi:



Bu jarayonni unchalik toza bo'lmagan misni va boshqa ba'zi metallarni elektrolitik usulda tozalash — *rafinatsiya* qilish usuli deb ataladi.

Bunday metallar (Cu, Ni, Cr, Zn, Ag, Cd, Fe, Sn) elektronlarni tashqi anodga o'zlari uzatadi.

Ionlarning elektrod reaksiyasida qatnashish ketma-ketligi zarrachalarining standart potentsiali ( $E^0$ ) kamayib borishi tartibida bo'ladi. Lekin ba'zi sharoitlarda kutilgan tartib buziladi (masalan, bir ion konsentratsiyasi ikkinchisidan katta bo'lganda):

— neytral sharoitda  $\text{HO}^-$  ionining konsentratsiyasi  $1 \cdot 10^{-7}$  mol/l bo'ladi, agar shu sharoitda galogen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ) ionlari 0,1 mol/l bo'lganda, elektrodda  $\text{O}_2$  o'rniga galogen molekulari oksidlanadi, chunki ularning konsentratsiyasi million marta  $\text{HO}^-$  ioninikidan ko'proqdir;

— shunday vaziyat qo'rg'oshin eritmasi elektroliz qilinganda katodda  $E^0$  qiymati musbatroq bo'lgan vodorod hosil bo'lishi kerak edi, tajribada esa katodda qo'rg'oshin ajralib chiqadi;

— grafit yoki platina elektrodida hech qanday sharoitda natriy metali hosil bo'lmasdan faqat vodorod ajralsa, simob elektrodida vodorod o'rniga natriy metali hosil bo'ladi, u simobda erib *amalgama* (metall-simob qotishmasi) hosil qiladi.

## **VIII** 6. Faradey qonunlari

Elektroliz jarayonida elektrodalarda ajralib chiqqan moddalarning miqdori bilan sarf bo'lgan elektr toki miqdori orasidagi bog'lanish M. Faradey qonunlarida o'z aksini topgan.



*Faradeyning I qonuni. Elektroliz davomida elektrodalarda ajralib chiqqan moddalar (yoki elektrod erishi natijasida hosil bo'lgan moddalar) massasi elektrolit eritmasi orqali o'tgan elektr tokining miqdoriga to'g'ri proporsional bo'ladi:*

$$m = k \cdot Q$$

$m$  — ajralib chiqqan modda massasi;  $Q$  — tok miqdori, uning qiymati  $Q = I \cdot t$  formula orqali hisoblanadi;  $I$  — tok kuchi (Amper),  $t$  — elektroliz davom etgan vaqt, sekundlarda.  $k$  — elektr kimyoviy ekvivalent deb atalgan proporsionallik koeffitsienti. Agar o'tgan tok miqdori 1 kulon ( $Q = 1 \text{ Kl}$ ) bo'lsa, unda  $m = k$  bo'ladi. Demak, 1 Kulon tok o'tganda elektrodda ajralib chiqqan modda massasi elektr kimyoviy ekvivalentga teng bo'ladi.



*Faradeyning II qonuni. Agar turli xil elektrolitlar eritmaları orqali bir xil miqdorda elektr toki o'tkazilsa, elektrodalarda ajralib chiqadigan moddalarning massa miqdori o'sha moddalarning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri proporsional bo'ladi.*

Har qanday moddaning 1 ekvivalent miqdorini hosil qilish uchun bir xil miqdordagi elektr toki miqdorini sarf qilish kerak. Bu miqdor tokni

Faradey soni (F) deb ataladi. Faradey soni F elektron zaryadining Avogadro soniga ko'paytmasiga teng:

$$F = N_A \cdot e = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Kl} = 96485 \text{ Kl}.$$

Har qanday moddaning bir ekvivalent miqdorini olish uchun eritma yoki suyuqlanma orqali 96485 Kl miqdorda elektr tokini o'tkazish kerak.



*Moddaning elektr kimyoviy ekvivalenti (k) uning ekvivalentini Faradey soniga bo'lgan nisbatiga teng:  $k = \frac{F}{F}$ .*

Bu nisbatdan har qanday moddaning elektr kimyoviy ekvivalentini hisoblab topish oson:

$$k(\text{Zn}) = \frac{65}{2 \cdot 96485} = 3,37 \cdot 10^{-4} \text{ g / Kl},$$

$$k(\text{H}_2) = \frac{2}{2 \cdot 96485} = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ g / Kl}$$

## **VIII 7. Elektrolizning amaliy ahamiyati**

Elektroliz xalq xo'jaligida va ishlab chiqarish jarayonlarida keng va turli-tuman qo'llanishga ega. Osh tuzini elektrolizi natijasida xlor va o'yuvchi natriy ishlab chiqariladi. Ammiakni sintezi uchun qo'llanadigan vodorodni olish suvni elektrolitik parchalanishiga asoslangan. Sulfat kislotaning 50% li eritmasini elektroliz qilish orqali vodorod peroksid olish jarayoni sanoatda keng qo'llanadi. NaCl ning suvli eritmasini elektroliz qilib, NaOCl va NaClO<sub>3</sub>; MgCl<sub>2</sub> va CaCl<sub>2</sub> suyuqlanmalaridan Mg va Ca olish hamda boshqa maqsadlarda foydalaniladi.

Ko'pchilik metallarni ularning tuzlari suyuqlanmasini elektroliz qilib olinadi, chunki ular suvli sharoitda oson oksidlanishi mumkin.

Bunday metallardan magniy (MgCl<sub>2</sub> dan), natriy (NaOH dan), aluminiiy (aluminiiy oksidning kriolit Na<sub>3</sub>[AlF<sub>6</sub>] dagi suyuqlanmasidan) olinadi. Bu reaksiyalar yuqori temperaturada olib boriladi.

Bundan tashqari, metallar yuza qatlamini nikel, xrom, kumush, mis va boshqa korroziyaga bardosh beradigan metallar bilan qoplash keng qo'llanadi. Bunday hollarda metallar yuzasi faqat korroziyadan saqlanibgina qolmasdan, yuza qatlamning qattiqligini va ishqalanishga qarshiligini orttiradi. Qoplanma yuzasini hosil qilishda buyum katod va qoplama yuza qiladigan metall aktiv anod sifatida ishlatilganda (rafinatsiya) elektrolit eritmasida metall tuzining konsentratsiyasi o'zgarmaydi, shu sababli asosiy jarayon borishi turg'un bo'ladi.

Metall yuzasini xrom, rux va nikel bilan qoplash jarayonini *galvano-*  
*stegiya* deb ataladi.

**Galvanoplastika** deb atalgan jarayonda qavariq shakldagi buyumlar yuzasiga metallar cho'ktirib ularning aniq nusxalarini tayyorlab, teri yoki qog'ozga chuqur iz tushirish maqsadida muhr va matritsalar tayyorlanadi.

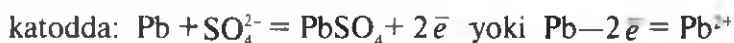
## VIII 8. Akkumulatorlar

Qaytar xususiyatga ega bo'lgan va ko'p marta qayta tiklanadigan galvanik elementlarni *akkumulatorlar* deb ataladi. Bunday qurilmalarda jamg'arilgan kimyoviy energiyani elektr energiyaga va aksincha, tashqi energiya manbaiga ulanganda zaryadlanishi davomida kimyoviy energiyani jamg'aradigan xususiyat faqat akkumulatorlarga xos.

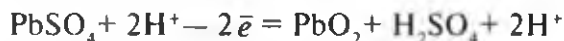
*Qo'rg'oshin akkumulator* hozirgacha ko'p miqyosda ishlatib kelinadi. Eng oddiy qo'rg'oshin akkumulatori ikkita qo'rg'oshindan yasalgan plastinadan tashkil topadi.

Ular odatda ko'p tuynukchalardan iborat bo'lib, bu tuynukchalarda g'ovakli aktiv qo'rg'oshin (manfiy qutb), ikkinchisida qo'rg'oshin(IV) oksid bilan to'ldirilgan bo'ladi (musbat qutb). Ikkala plastinka 25–30% li sulfat kislota eritmasiga tushirib qo'yiladi. Har bir elektrod tuynukchalariga Pb va PbO<sub>2</sub> larni mustahkam ushlab turadigan organik bog'lovchi va PbO lar aralashmasi bilan to'ldirilgan bo'ladi.

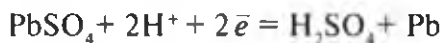
Shunday holdagi akkumulatorlar doimiy tok manbaiga aylanadi va razryadlanish davomida elektrodalarda PbSO<sub>4</sub> hosil bo'ladi; bunda sulfat kislota konsentratsiyasi qisman kamayadi.



Akkumulatorni yana tiklash maqsadida uni doimiy tok manbaiga ulab, zaryadlanadi. Bunda elektrodlardan biri elektronlarini beradi va PbSO<sub>4</sub> qo'rg'oshin(IV) oksidga aylanadi.

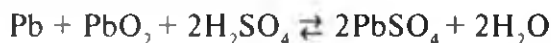


Ikkinchi elektrodagi PbSO<sub>4</sub> elektronlarni birliktirib erkin qo'rg'oshin-gacha qaytariladi:



endi akkumulator yana ishlashga tayyor bo'ldi.

Ikkala elektrodagi reaksiyalarni birlashtirsak:



Zaryad jarayonida manfiy elektrodda vodorod gaz holda ajralib chiqadi, lekin bu reaksiyaning unumi elektrodda vodorod ionlarining o'ta qutblanishi tufayli past, qo'rg'oshin hosil bo'lish reaksiyasining unumi esa yuqori bo'ladi.

Bu turdagi akkumulatorning EYUK qiymati

$$E^0_{\text{PbO}_2+4\text{H}^+} + E^0_{\text{Pb}+\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,68 - (-0,36) = 2,04 \text{ V bo'ladi.}$$

Xalq xo'jaligida akkumulatorlarning boshqa turlari — temir-nikelli, kadmiy-nikelli, kumush-rux elektrodliari ham ishlatiladi.

## VIII 9. Korroziya

Metallar yoki ular asosida tayyorlangan qotishmalarning tashqi muhit ta'sirida o'z-o'zidan yemirilish jarayoni *korroziya* deb ataladi. Bu hodisalarning ikki turi — kimyoviy va elektrokimyoviy korroziyalar tabiatda ko'p uchraydi.

*Kimyoviy korroziya* jarayonida metall buyumlarning sirtqi qavati havodagi kislorod, sulfid angidrid, vodorod sulfid va boshqa agressiv gazlar ta'sirida yemiriladi. Bu jarayon faqat gaz holdagi moddalar ta'sirida sodir bo'lganligi tufayli, ba'zan korroziyaning bu turi *gaz korroziyasi* deb ham yuritiladi.

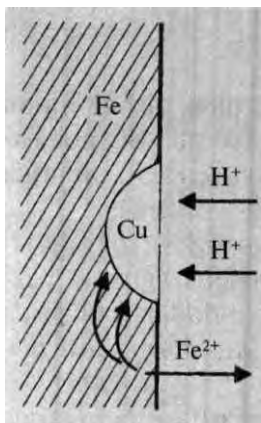
Bunday korroziya metallarga yuqori temperaturada ishlov berilganda yoki yuqori temperaturada ishlaydigan o'choqlarning metall qismlari, avtomobillarning dvigatellari ishlashida yuz beradi. Shunday hollarda metallarning yuza qismlari oksidlar yoki sulfidlar qatlami bilan qoplanadi.

Xalq xo'jaligida nam havo ishtirokida yuz beradigan *atmosfera korroziyasi* juda katta zarar keltiradi. Shunday namgarchilik sharoitida juda yupqa suv qatlamida erigan kislorod va boshqa gaz moddalar metallning yuza qatlamida oksid pardasini hosil qiladi. Agar bu oksid pardaning metall yuza qatlami bilan yopishqoqligi yaxshi bo'lsa, metallning ichki qatlamlari korroziyadan saqlanib qoladi. Masalan, aluminiy, rux, xrom va nikel kabi metallarning oksid qatlamlari shunday xususiyatga ega. Metall yuzasidagi oksid qavatning zichligi metall zichligidan kam bo'lganda ularning ikkalasi orasida ko'plab g'ovaklar paydo bo'ladi va korroziya metallning ichki qatlamlariga tarqalishiga qarshilik ko'rsatmaydi, uning chuqurlashishini to'xtatmaydi, metall buyum qisqa vaqt davomida yaroqsiz holatga o'tadi.

Bunday sof kimyoviy korroziya deyarli oz tarqalgan, u kam uchraydi. Metallarning ko'pchiligi elektrokimyoviy korroziya natijasida yemiriladi. Bunday korroziyaning asosiy mohiyati shundaki, texnikada ko'pincha tozaligi yuqori bo'lmagan metallardan, qotishmalardan yasalgan konstruk-



sion qurilmalarda kimyoviy tabiati boshqacha bo'lgan metallar bilan galvanik juftlar hosil bo'ladi (VIII. 6-rasm). Bu metallar ko'p vaqt davomida havodagi namlik, suv va elektrolitlar qurshovida bo'lishi tufayli elektrokimyoviy jarayon sodir bo'lishiga olib keladi. Masalan, metallarni kavsharlashda asosiy metall tarkibi bilan kavsharlovchi elektrod tarkibi bir xil bo'lishini ta'minlash deyarli mumkin emas. Ba'zan ikki metall qismlarini bir-biri bilan ulash uchun ishlatiladigan, bolg'alanib yassilanadigan tutgichlar (zaklyopka) boshqa kimyoviy tabiatli metallardan yasalgan holdalarda ham hosil bo'ladigan galvanik juftlar korroziyani juda jadallashtiradi.

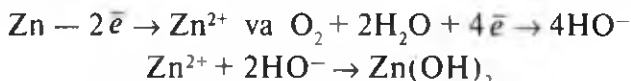


VIII. 6-rasm.  
Elektrokimyoviy korroziyada galvanik juftning ishlash sxemasi.

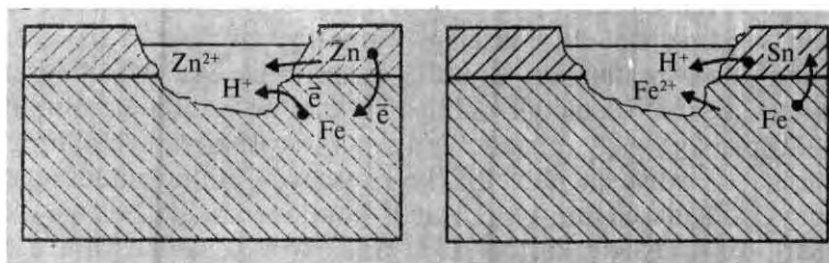
Ko'pincha, metallarni korroziyon turg'un bo'lgan qatlam (temirni rux, qalay yoki nikel) bilan qoplaganda, yagona bir yeri shikastlanib qolgan qoplama ham galvanik juftga aylanadi.

Bunday elektrokimyoviy korroziyada metall va uning qoplamasidagi shikastlangan qismi VIII. 7-rasmda ko'rsatilgan tarzda yuz beradigan jarayonlar quyidagidan iborat.

Aktiv metallardan yasalgan qoplama bilan temir galvanik elementning elektrodlariga aylanadi, passivroq bo'lgan temir katod, qoplovchi aktivroq metall-rux esa anod vazifasini o'taydi. Rux elektronlar berib oksidlanadi, bu elektronlar havo kislorodini metall sirtida qaytaradi:

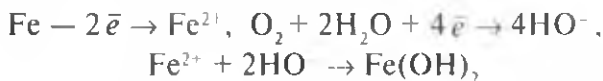


Temir yuzasini qoplagan rux o'zining muhofaza qilish vazifasini bajarmaydigan holatga o'tadi. Bunday yemirilish anodning korroziyalanishi deyiladi.



VIII. 7-rasm. Rux yoki qalay bilan qoplangan temirning yuz qatlami shikastlanganda sodir bo'ladigan elektrokimyoviy korroziya sxemasi (elektronlar harakat yo'nalishi). 1 — anod qoplama; 2 — katod qoplama.

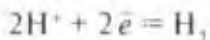
Agar temir yuzasi qalay bilan qoplangan bo'lsa, unda buyumni korroziyadan saqlash jarayoni yuzadagi qoplama qatlami shikastlanmaguncha davom etaveradi, chunki qalay yuzasidagi oksid parda mustahkam. Qoplamada mikrosnikast paydo bo'lganda galvanik sistemada elektrokimyoviy jarayon boshlanadi va endi temir qatlam anodga, qalay esa katodga aylanadi. Endi temir oksidlanishi jadallashadi:



Hosil bo'lgan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , havo kislorodi va nam ta'sirida  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ga aylanadi:



Temir qatlami yemiriladi. Temir yuzasidagi suv kislotali oksidlar ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) yoki  $\text{H}_2\text{S}$  bilan birikib,  $\text{H}^+$  ionlarini paydo qiladi, temir oksidlanganda hosil bo'lgan elektronlar vodorod ionlarini qaytaradi:



Po'lat buyumlarda korroziya jadal sur'atda sodir bo'lishiga sababchi bo'lgan zarracha – sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )—katod vazifasini bajaradi, temir—anod bo'ladi. Sementit temirga nisbatan passiv, galvanik juftda temir va sementit quyidagicha mikro galvanik sxemada qatnashadi:



Keltirilgan tenglama bo'yicha temir korroziyasiga sementit yordam beradi. Temir elektronlarini suvda erigan kislorod, eritmada paydo bo'lgan  $\text{H}^+$  ionlariga uzatuvchi bo'ladi. Elektronlarning  $\text{O}_2$  orqali  $\text{H}^+$  ionlariga o'tishi  $\text{Fe}^{2+}$  hosil bo'ladigan joydan uzoqda bo'lishi korroziyani osonlashtiradi.

## VIII 10. Metallarni korroziyadan saqlash

Korroziya xalq xo'jaligi uchun juda katta zarar keltiradi, chunki bu jarayon to'xtovsiz davom etadi. Yil davomida ishlab chiqarilgan metallning beshdan bir qismi shu tufayli yaroqsiz bo'lib qoladi, bu esa metallurgiya kombinatlarining beshdan biri bekorga ishlashi va buning natijasida ko'plab mablag'lar behudaga sarf bo'lganligidan darak beradi.

Shu sababli metallarni korroziyadan saqlash katta ahamiyat kasb etadi. Bunday tadbirlarning bir nechtasi ma'lum.

1. *Metall buyum sirtini korroziyaga turg'un bo'ladigan metall qatlami bilan qoplash.* Shu maqsadda ishlatiladigan metallning standart elektrod

potensial korroziyadan saqlanadigan metallnikidan manfiyroq bo'lishi lozim. Bunday imkoniyatlardan biri temir buyumni rux qatlami bilan qoplash (anod qoplama) dir. Shu qatlam oksidlanib tamom bo'lmaguncha himoya qilinayotgan temir buyum korroziyaga duchor bo'lmaydi.

Testkari holda, qoplovchi metallning standart elektrod potentsiali himoya qilinayotgan metallnikiga qaraganda musbatroq qiymatga ega bo'lgan vaziyat — katod qoplama bo'ladi. Bunga misol sifatida temir buyumni qalay yoki nikel qatlami bilan qoplashni keltirish mumkin. Bu metall qatlami shikastlangan taqdirda himoya qilinmayotgan metall jadallashgan korroziyada qatnashadi, qisqa vaqt davomida ishdan chiqadi.

2. *Metall buyum sirtini metall bo'lmagan qatlam bilan qoplab, metallni tashqi muhit ta'siridan himoya qilish usuli* ko'pgina holatlarda maqsadga muvofiq bo'ladi. Metallarning yuzasini bo'yoq, lak, emal, surkov moylar, polimer moddalar, solidol, texnik vazelin kabi vositalar bilan qoplash usuli metallni tashqi agressiv muhit ta'siridan saqlash choralaridan biridir. Turli amallar vositasida metall buyum sirtida yupqa nitridlar, oksidlar, karbidlar, silitsidlar, fosfatlar, xromatlar kabi pardalar hosil qilish yaxshi natijalarga olib keladi.

3. *Metallarga turli qo'shimchalar qo'shib, korroziyaga chidamli yuzani hosil qilish* keng qo'llaniladi. Tarkibida 18—20% Cr va 10% Ni bo'lganda po'lat zanglamaydigan holatga o'tadi. Bunday po'lat tarkibiga Ni va oz miqdorda Mo qo'shilsa, po'latning korroziyaga chidamliligi juda yaxshi bo'ladi. Po'latga Co, Cu, Ni qo'shilganda uning passivlanishi kuzatiladi.

4. *Metall yuzasida korroziyaga chidamli pardalar hosil qilish (oksidirlash)* jarayonida tayyor buyumni yuqori temperaturada organik moddalar ishtirokida kuydirilib, «ko'kartiriladi» va «qoraytiriladi». Metall buyum turli oksidlovchilar ( $K_2Cr_2O_7$ ,  $NaNO_3$  va boshqalar) ishtirokida konsentrlangan ishqor eritmasida qaynatilganda ham metall yuzasining korroziyaga chidamliligi ortadi. Elektroliz jarayonida anodda ajralib chiqayotgan atomar holdagi kislorod ta'sirida mustahkam oksid parda hosil qilish (*anodirlash*) ham keyingi vaqtlarda keng qo'llana boshlandi. Elektrolizorning anodi sifatida himoya qilish kerak bo'lgan temir buyumning yuza qatlamida mustahkam va zich bo'lgan *magnitli temirtosh*  $Fe_3O_4$  hosil qilish ham yaxshi natijalarga olib keladi.

5. *Himoya qilinishi zarur bo'lgan metall konstruksiyani elektrolit muhitida* (dengizdagi kemalar, yer ostidagi nam sharoitda ishlaydigan gaz yoki suv quvurlari) *korroziyadan saqlash* maqsadida ularni *protektor himoya* qilish usuli ham qo'llanadi. Bunday himoyada konstruksiya (kema korpusi, quvurlar) sim orqali aktiv metall (masalan, rux bo'lagi) bilan ulanadi. Bunday sharoitda protektor — (rux) korroziyada qatnashadi (anod sifatida), metall konstruksiya esa protektor bo'lagi tamom bo'lguncha korroziyadan xoli bo'ladi. Bunday protektorlar sifatida rux o'rniga

aluminium, magniy yoki ularning qotishmalari ham ishlatilishi mumkin. Protektor tugashi bilan uni yangisi bilan almashtiriladi.

6. *Doimiy tok manbai yordamida himoya* qilinayotgan konstruksiyani katod, metall bo'lakchalarini anodga ulanganda himoya qilinayotgan konstruksiya uzoq vaqtlar davomida oksidlanishdan xoli bo'ladi.

7. *Korroziya jarayonining ingibitorlaridan foydalanib metallning yemirishini hatto to'xtatish* ham mumkin. Ko'pincha, ingibitorlar bug' qozonlarida, xlorid kislotani saqlashda yoki bir yerdan ikkinchi yerga tashib yurilganda qo'llanadi. Ingibitorlar sifatida organik moddalar, fosfat, silikat, xromat, nitrit kislotatuzlaridan foydalaniladi.

Konsentratsiyasi 0,3—0,4% bo'lgan  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  eritmasida, natriy gek-sametafosfat ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  qo'shilgan suvlarda po'latning korroziyasi,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  va  $\text{Na}_2[\text{SiF}_6]$  qo'shilgan suvda aluminiumning korroziyasi juda ham sustlashadi.

### Savol va topshiriqlar

- ?
1. Ayrim-ayrim olingan rux va temir bo'lakchalarini vodorod xlorid eritmasiga tushirilsa, ular yuzasidan vodorod ajralib chiqadi. Agar shu metallar bo'lakchalarini sim bilan ulansa, oldingi vaziyat saqlanib qoladimi? Qanday jarayon amalga oshadi?
  2. Tarkibida vodorod izotopi (deyteriy) bo'lgan suvni elektroliz qilinganda elektrolizyorda qolgan eritmada og'ir suvning massa ulushi oshishini qanday tushuntirish mumkin?
  3. Oltindan yasalgan kalit xlorid kislotatuzlaridan foydalaniladi. Konsentratsiyasi 0,3—0,4% bo'lgan  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  eritmasida, natriy gek-sametafosfat ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  qo'shilgan suvlarda po'latning korroziyasi,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  va  $\text{Na}_2[\text{SiF}_6]$  qo'shilgan suvda aluminiumning korroziyasi juda ham sustlashadi.
  4. Eritmadagi passiv metall ionini (masalan, misni) aktiv metall (temir, rux va boshqalar) bilan qaytarish mumkin. Shu tarzda  $\text{FeCl}_3$  eritmasi bilan  $\text{Cu}$  orasida reaksiya natijasida  $\text{FeCl}_2$  va  $\text{CuCl}_2$  hosil bo'lishi mumkinmi? Javobingizni sistemaning EYUK qiymati bilan asoslang.

### Testlar

1. Galvanik elementlarda oksidlanayotgan va qaytarilayotgan elektrodlar qanday nomlanadi?

- 1) tashqi zanjir; 2) katod; 3) ichki zanjir; 4) aktiv anod; 5) anod.  
A) 1 va 2 B) 2 va 4 C) 5 va 2 D) 3 va 5 E) 4 va 2

2. O'zbekistonda qaysi metallni juda yuqori darajada tozalash maqsadida aktiv anod sifatida qo'llab elektroliz qilinadi?

- A) rux B) mis C) molibden D) volfram E) oltin

Kimyo fanining bu qismi kimyoviy jarayonlarning vaqt o'tishi davomida turli omillar ta'sirida qanday qonuniyatlar asosida amalga oshishini o'rganadi.

Turli tashqi ta'sirlar orasida reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalarining o'zgarishi, temperatura o'zgarishining ta'siri va gaz moddalar orasida boradigan reaksiyalarga tashqi bosimning ta'siri va, bulardan tashqari, yana bir necha holatlar va vaziyatlar ta'siri natijasida bo'ladigan o'zgarishlar sistema uchun ahamiyatga ega bo'ladi.

Har qanday omillarning reaksiya tezligiga ta'sirini o'rganishda turlicha yo'l tutish mumkin. Masalan, reaksiya tezligini o'rganish maqsadida qo'yilgan tajribalarni *turli miqdorda olingan moddalar* ishtirokida kuzatiladigan o'zgarishlarni qayd etish va olingan ma'lumotlarni umumlashtirish natijasida sizga ma'lum bo'lgan «*ta'sir etuvchi massalar qonuni*» ta'riflangan edi.

Boshqacha yo'l tutilganda — reaksiya davomida ayrim atom va molekular holatidagi o'zgarishlarni tadqiq etish natijasida ham umumiy qonuniyatlarni keltirib chiqarish mumkin. Bu usulni amalga oshirishda ko'pincha turli taxminlarga tayanishga to'g'ri keladi, chunki ko'pchilik reaksiyalar «*oraliq bosqichlar*» vositasi orqali amalga oshadi. Oraliq bosqich mexanizmi haqidagi ma'lumotlarga ega bo'lish uchun ko'pgina ma'lumotlarni o'zaro umumlashtiruvchi holatgacha yetkazish kerak bo'ladi.

Makrosistemalarga mos keladigan qonuniyatlar atomlarda va molekularlarda o'ziga xos xususiyatlarga ega, ular bir-biridan keskin farq qilishi ham mumkin.

Hozirgi zamon kimyoviy kinetikaning yutuqlari yuqorida aytilgan ikki xil yo'nalishdagi izlanishlar natijasidan kelib chiqqan qonuniyatlar va nazariy holatlarni jamlab olgan.

Termokimyoviy hisoblar asosida ko'pgina ahamiyatli jarayonlarning energetik xossalarini baholash mumkin. Masalan, kimyoviy bog'lar va kristall panjara energiyalarni, fazoviy o'zgarishlar, molekular orasidagi ta'sirlashish energiyalarini, erish, solvatlanish (gidratlanish) entalpiyalarini hisoblash mumkin.

1840-yilda rus kimyogari G. I. Gess **issiqlik effektlar yig'indisi** (issiqlik effektining additivligi) qonunini ta'rifladi:

! *kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti boshlang'ich modda va mahsulotlarning agregat holatlarigagina bog'liq, reaksiya borishida bo'ladigan bosqichlarga bog'liq emas.*

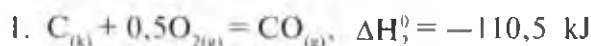
Quyida uglerodning oksidlanishi natijasida uglerod(IV) oksid hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik effektini hisoblash bilan termokimyoning shu qonunini tushuntiramiz.

Grafitning oksidlanib,  $\text{CO}_2$  hosil bo'lishini ikki usulda amalga oshirish mumkin.

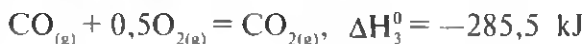


Ikkinchi usulda jarayonni ikki bosqich orqali amalga oshirish ko'zda tutiladi.

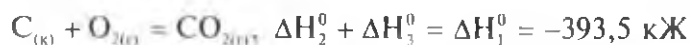
II. Grafit yonishida uglerod(II) oksid hosil bo'ladi:



2. CO ning kislorodda yonishi:



Ikki bosqichning yig'indisi:

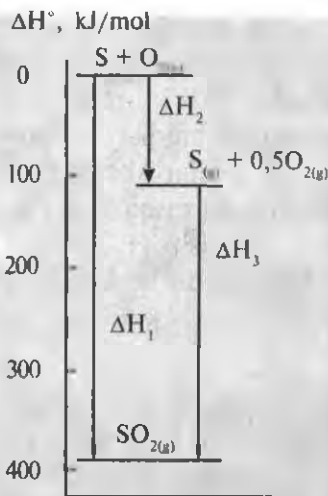


Shu misolga tatbiq etilgan Gess qonuniga tegishli ma'lumotlar grafik ko'rinishi IX. 1-rasmda keltirilgan.

Grafikdan ko'rinadiki, Gess qonuni energiyani saqlanish qonunining bosqichma-bosqich boradigan jarayonlarga tatbiq qilinishidan kelib chiqadi.

! *Xulosa: ayrim bosqichlarning issiqlik effektlar yig'indisi umumiy jarayonning issiqlik effektiga tengdir.*

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik effektini topish uchun reaksiya mahsulotlarining hosil bo'lish issiqliklari yig'indisidan boshlang'ich moddalarning hosil bo'lish issiqliklari yig'indisini ayirish lozim:



IX. 1-rasm. Grafitning yonishida kuzatiladigan bosqichli issiqlik effektlariga doir grafik.

$$\Delta H_{p-ya, 298}^0 = \Sigma \Delta H_{f, mahs.}^0 - \Sigma \Delta H_{f, boshl. modda}^0$$

reaksiyaning issiqlik effekti	mahsulotlar hosil bo'lish issiqliklari yig'indisi	boshlang'ich modda- larning hosil bo'lish issiqliklari yig'indisi
-------------------------------------	--	--

Uglerod(IV) oksidning oddiy moddalardan hosil bo'lish entalpiyasi ( $\Delta H_{f, 298}^0$ ) va oraliq bosqichda CO ning hosil bo'lish entalpiyasi bilan uning CO<sub>2</sub> gacha oksidlanish entalpiyalari yig'indisiga teng ekanligi energiyaning saqlanish qonuni talabiga javob beradi.

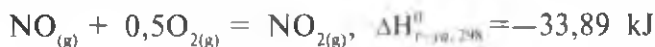
Shunday grafik yoki hisoblardan foydalanib, tajribada o'lchab bo'lmaydigan CO ning hosil bo'lish entalpiyasini hisoblab topish oson bo'ladi.

Termokimyoviy hisoblar asosida kimyoviy bog' energiyasini, kristall panjara energiyasini, molekular orasidagi zaif bog'lar energiyasini, moddalarning erish va gidratlanish energiyasini, moddalarning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish jarayonining energetik effektlarini topish mumkin. Hozirgacha 4 mingdan ortiq moddalarning hosil bo'lish entalpiyalari haqidagi ma'lumotlar aniqlangan.

## IX 1. Kimyoviy reaksiya tezligi va unga ta'sir etuvchi omillar

Kimyoviy jarayonlarning sodir bo'lishi yoki bo'lmasligi reaksiyada qatnashuvchi moddalarning bir-biriga bo'lgan kimyoviy mosligiga bog'liq. Har qanday reaksiyaning sodir bo'lishi uchun ma'lum sharoitlar yaratilishi kerak.

Masalan,  $H_{2(g)} + 0,5O_{2(g)} = H_2O_{(g)}$ ,  $\Delta H_{f, 298}^0 = -241,84$  kJ reaksiya uy sharoitida bir necha yillar davomida oz miqdorda bo'lsa ham, amalga oshirishini aniqlab bo'lmaydi. Shu reaksiyaning 500 °C dan yuqorida reaksiya tezligi sezilarli bo'ladi, 700 °C dan yuqorida yoki uchqun ta'sirida portlash bilan juda qisqa vaqt davomida tugaydi. Bu reaksiyaning entalpiya qiymati katta bo'lishi H<sub>2</sub>O ning H<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> aralashmasiga qaraganda turg'un ekanligini bildiradi. Bu reaksiyaga har tomonlama teskari xususiyatga ega bo'lgan



jarayon uchun hech qanday qo'shimcha sharoit yaratish kerak emas, u o'z-o'zidan sodir bo'ladi, lekin mahsulot turg'unligi boshlang'ich moddalarnikidan kam bo'lishi, reaksiya entalpiyasi qiymatidan va ishorasidan ko'rinib turibdi.

Reaksiyalarning borish qonuniyatlarini bilgan holda jarayonni boshqarish imkoniyatlariga ega bo'lish va reaksiya tezligiga ta'sir qiluvchi omillardan to'g'ri foydalana bilish kimyogarlar uchun muhim imkoniyatlardan biri bo'ladi.

*Kimyoviy reaksiya tezligi, ma'lum vaqt davomida hajm birligida (gomogen reaksiyalar uchun) yoki fazalar chegarasida (geterogen reaksiyalar uchun) sodir bo'lgan kimyoviy jarayon tezligi bilan o'lchanadi.* Ko'pincha, kimyoviy reaksiya tezligini o'lchash uchun vaqt birligida reaksiyaga kirishgan yoki unda hosil bo'lgan moddalardan birining konsentratsiyasi\* ni o'zgarishi qayd etiladi. Ba'zi hollarda, reaksiya tezligi haqidagi ma'lumotni reaksiya sodir bo'layotgan sistemaning biror xususiyati (bosimi, rangning ravshanligi yoki elektr o'tkazuvchanligi)ni o'lchash ham kifoya qiladi.

Reaksiya davomida hajm o'zgarmas (izoxorik) sistemalar uchun  $\tau_1$  va  $\tau_2$  vaqtlar oralig'ida reaksiyada qatnashuvchi moddalardan birining konsentratsiyasi  $C_1$  bilan  $C_2$  oralig'ida o'zgargan bo'lsa, shu vaqt oralig'ida o'lchangan reaksiya tezligi  $\bar{v}$  ni quyidagicha ifodalanadi:

$$\bar{v} = \frac{c_2 - c_1}{\tau_2 - \tau_1} = \pm \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Bu ifodadagi «+» va «-» ishoralar modda konsentratsiyasining ortib borishi (mahsulotlar uchun) yoki boshlang'ich moddalardan birining konsentratsiyasi kamayib borishini anglatadi.

Bu formuladagi konsentratsiya o'zgarishini o'lchash oralig'idagi vaqt farqi qancha qisqa bo'lsa, hisoblangan tezlik qiymati reaksiyaning haqiqiy tezligiga yaqin bo'ladi.

## **IX 2. Reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi**

Moddalar orasida reaksiya sodir bo'lishi uchun ularning zarrachalari o'zaro to'qnashuvi zarur, shundagina ularning biri ikkinchi turdagi moddalar atomlarining elektr maydonlari ta'siriga duchor bo'lishi kerak. Faqat shunday vaziyatdagina elektronlarning yangi holatga o'tishi, yangi moddalar hosil bo'lishi amalga oshadi. Shu sababli kimyoviy reaksiya tezligi zarrachalarning o'zaro to'qnashuvi soniga proporsional bo'ladi, degan xulosaga kelish to'g'ri bo'ladi.

Bunday to'qnashuvlar soni har bir modda konsentratsiyasiga, aniqrog'i, moddalar konsentratsiyalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional bo'lishi 1867-yilda *ta'sir etuvchi massalar qonunini* kashf etishga olib keldi:



*Doimiy temperaturada kimyoviy reaksiyaning tezligi reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.*

\* Kimyoviy reaksiya tezligi haqida so'z borganda moddalar konsentratsiyasi 1 l hajmdagi moddaning mollar soni bilan ifodalanadi. Bu kattalik gaz moddalar uchun gazlar aralashmasidagi ayni gazning parsial bosimi bilan ifodalanishi ham kerak.



Tenglamasi  $aA + bB = cC + dD$  bo'lgan reaksiyaning tezlik ifodasi  $v = k[A]^a[B]^b$  bo'ladi.

$k$  — reaksiyaning tezlik konstantasi, reaksiyaga kirishuvchi moddalarining tabiatiga va temperaturaga bog'liq. Reaksiya tenglamasidagi moddalarning stexiometrik koeffitsientlari tezlik ifodasidagi moddalar konsentratsiyalarining darajalariga aylanadi. Agar reaksiyada qattiq modda qatnasha, vaqt davomida uning konsentratsiyasi deyarli o'zgarmaydi va shu sababli uning qiymati tezlik ifodasiga kirmaydi. Masalan, grafitning yonish reaksiyasi  $C_{(s)} + O_{2(g)} = CO_{2(g)}$  uchun tezlik ifodasi  $v = k[O_2]$  bo'ladi.

Shunga ko'ra, kimyoviy reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi gazlar va eritmalarda sodir bo'ladigan reaksiyalar bilan cheklanadi.

Reaksiyada qatnashuvchi moddalar konsentratsiyalarining ko'paytmasi birga teng bo'lganda, reaksiyaning tezligi uning konstantasi qiymatiga teng bo'ladi. Odatda, turli reaksiyalarning tezliklarini taqqoslash uchun ularning tezliklari o'rniga tezlik konstantalaridan foydalanish qulay bo'ladi. Shu sababli, yagona molekula ishtirok etgan reaksiya tezligi  $k = \frac{\Delta c}{\Delta t}$  ifodasi ko'pgina hollarda konsentratsiya va vaqt o'zgarishining hosilasi orqali ifodalangan formula  $k = \frac{dc}{dt}$  qo'llanadi. ( $\frac{dc}{dt}$  ning hosilasi  $\Delta t$  cheksiz kichik qiymatiga intilgan vaziyatni anglatadi). Bu ifodani ma'lum vaqt davomida modda konsentratsiyasi  $C_0$  dan  $C$  gacha o'zgarishini ifodalovchi munosabat ko'rinishida yoziladi:  $C = C_0 e^{-kt}$  yoki  $\ln \frac{C}{C_0} = -kt$ . Bu ifodada  $t \rightarrow \infty$  bo'lganda  $C \rightarrow 0$ ga intiladi.

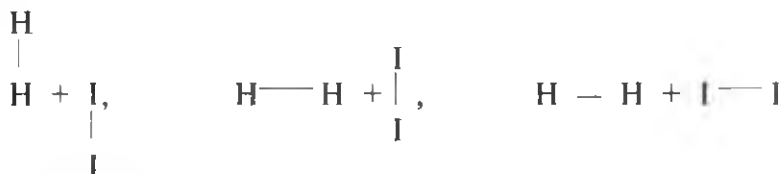
### IX 3. Reaksiya tezligiga temperaturaning ta'siri

Temperaturaning reaksiya tezligiga katta ta'sir ko'rsatishi bizga ma'lum bo'lgan ko'pchilik jarayonlarda kuzatiladi.

Reaksiya sodir bo'lishi uchun boshlang'ich moddalar molekularidagi bog'lar uzilishi va mahsulot hosil qiluvchi zarrachalar orasida yangi bog'lar paydo bo'lishi kerak. Misol tariqasida  $H_2$  va  $I_2$  molekulari to'qnashishi natijasida vodorod yodidning hosil bo'lishini quyidagicha tasvirlash qulay:



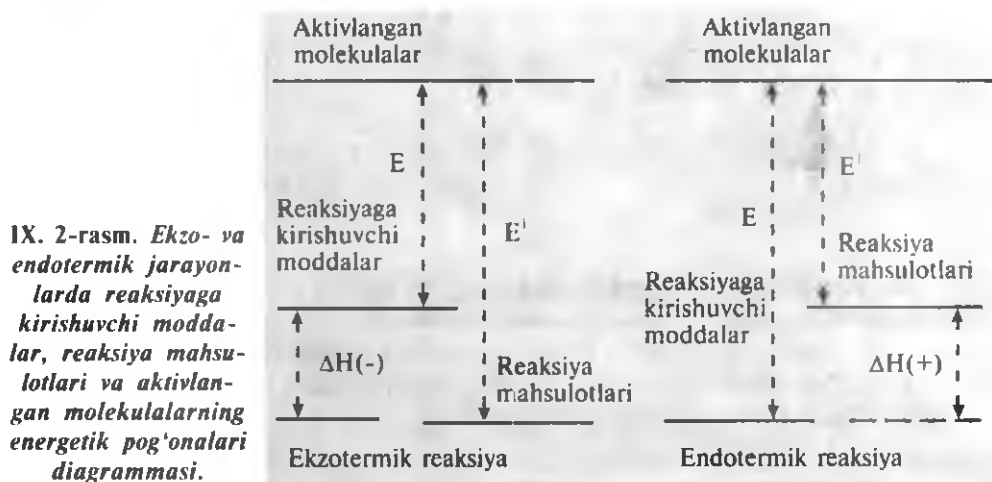
Mahsulot hosil bo'lishi uchun  $H_2$  va  $I_2$  molekulari o'zaro to'qnashishi natijasida oraliq mahsulot — *aktivlangan kompleks* hosil bo'lishi kerak. Bu vaziyat natijasida yangi molekularlar to'qnashganda bir-biriga nisbatan ma'lum vaziyatda yaqinlashishlari kerak. Yuqorida keltirilgan vaziyatdan tashqari boshqa vaziyatlardagi to'qnashishlar ham bo'lishi mumkin:



Bu to'qnashuvlarning birontasi ham ijobiy natijaga olib kelishi mumkin emas. Yana bir vaziyat — (bir to'qnashish ham amalga oshmaydigan holatni tushuntiradi) — to'qnashgan zarrachalarning energiyalari yetarli kattalikka ega bo'lmasa, uning natijasi ijobiy bo'lmaydi.

To'qnashish natijasida reaksiya sodir bo'lishi kerak bo'ladigan energiyani ayni reaksiyaning *aktivlanish energiyasi* deb ataladi. Shunday energiyaga ega bo'ladigan molekularlarning *aktiv molekularlar* yoki *aktiv komplekslar* rolini ham unutmashlik kerak. Bir-biriga yaqinlashib kelayotgan zarrachalarning energiyasi yetarli bo'lmasa (aktiv bo'lmagan zarrachalar), reaksiya sodir bo'lmaydi. IX. 2-rasmda boshlang'ich  $H_2$  va  $I_2$  moddalarning mahsulot HI ga aylanishida energetik o'zgarishlar aks ettirilgan.

Har qanday sistema bir holat (E) dan ikkinchi holat (E') ga to'g'ridan-to'g'ri o'ta olmaydi. U o'zining energiya zaxirasini energetik g'ovdan «sakrab o'tishga» zarur bo'lgan holatgacha yetkazishi kerak. Bunday energiyani issiqlik, yorug'lik kvanti yoki boshqa manbalardan olishi mumkin.



Aktivlangan komplekslarning yashash davri taxminan  $10^{-12}$  s bo'lishi sababli shunday qisqa vaqt davomida faqat energiyalari yetarli bo'lgan molekulalargina reaksiyaga kirishib ulguradilar. Temperatura ortganda bunday zarrachalar soni keskin ko'payadi. Masalan, temperatura  $100^\circ\text{C}$  ga ko'tarilganda aktivlangan molekulalar soni taxminan 1000, aniqrog'i  $2^{10}=1024$  marta yaqin bo'ladi. Xulosa qilib aytganda,  $\gamma$  qiymati aktivlangan molekulalar soniga yaqin.

Reaksiya tezligining temperaturaga bog'liqligi aktiv zarrachalar soni temperatura ortishiga arifmetik progressiyada bog'liq bo'lsa, reaksiya tezligi esa geometrik progressiyada bog'liq bo'lar ekan. Kimyoviy reaksiyalarning aktivlanish energiyasi  $0-40$  kJ/mol bo'lganda, reaksiya juda qisqa vaqtda tugaydi (eritmada ionlar orasida bo'ladigan reaksiyalar), agar  $E_a = 120$  kJ bo'lsa, oddiy temperaturalarda reaksiya tezligi juda sekin bo'ladi, to'qnashuvlarning faqat juda oz miqdori ijobiy natijaga olib keladi (masalan, azot bilan vodorod orasida reaksiya natijasida ammiak hosil bo'lish jarayoni, mustahkam kovalent bog'ga ega bo'lgan molekulalar, ya'ni ko'pchilik organik moddalar orasidagi reaksiyalarni ko'rsatish mumkin).

Reaksiya tezligining temperatura ortishiga qarab tezlashishini *reaksiya-ning temperatura koeffitsienti* ( $\gamma$ ) deb ataladi, bu qiymat sistema temperaturasi har  $10^\circ\text{C}$  ga ortganda reaksiya necha marta tezlashishini ko'rsatadi.

Vant-Goff aniqlashicha, reaksiya temperaturasini har  $10^\circ\text{C}$  ga oshirganda sistemalarda reaksiyaning tezligi 2—4 marta o'zgarishi mumkin ekan. Bu holatni quyidagi formula yordamida ifodalash mumkin:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

yoki temperatura o'zgarganda reaksiya tezligi necha marta ortganini quyidagicha ham tasvirlash mumkin:

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{0,1\Delta t}$$

#### **IX 4. Reaksiya tezligiga bosimning ta'siri**

Gomogen gaz sistemalarda reaksiya tezligi sistemadagi bosim o'zgarishi-ga sezilarli bo'ladi. O'quvchilarga gaz qonunlaridan  $PV=\text{Const}$  ekanligi ma'lum. Agar biz reaksiya tezligiga ta'sir etuvchi omillardan biri — konsentratsiya va hajm orasidagi nisbatning  $C = \frac{1}{V}$  ( $C$  — molyar konsen-

tratsiya,  $V$  — sistema hajmi)  $PV = \text{Const}$  dan  $PV = 1$  va undan  $V = \frac{1}{P}$  bo'ladi; unda  $C = P$ , ya'ni gaz sistemadagi bosim ortishi moddalar konsentratsiyasining ham ortishiga olib keladi.

Shu sababli, massalar ta'siri qonunidagi omillarning biri — konsentratsiya ta'sirini gaz sistemasidagi bosim bilan almashtirish o'rinni bo'ladi. Ammiak sintezi reaksiyasidagi  $v = k[N_2][H_2]^3$  o'rniga

$$v = k \cdot P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3 \text{ ni yozish mumkin.}$$

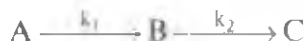
Kimyoviy reaksiyalar tezligini tadqiqot etish natijasida murakkab reaksiyalarning mexanizmlarini aniqlash mumkin bo'ladi. Bu muhim xossani bilgan holda kimyoviy jarayonlarni boshqarish imkoniyatlariga ega bo'lamiz.

## IX 5. Kimyoviy reaksiyalar mexanizmi

Reaksiyaga kirishuvchi moddalar tabiati va reaksiyalarning sodir bo'lish sharoitlariga qarab jarayonda molekularlar, ionlar, atomlar yoki radikallar ishtirok etishi mumkin.

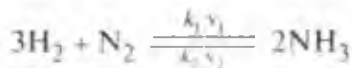
**1. Oddiy reaksiyalarda** jarayon bitta bosqichda amalga oshadi, uning kinetik tenglamalarida yagona tezlik konstantasigina mavjud bo'ladi. Bunday vaziyat vodorod bilan yod molekularari orasidagi birikish reaksiyasida amalga oshadi, lekin  $H_2 + Cl_2$  sistemasida vaziyat boshqacha.

**2. Murakkab reaksiyalar** bir necha oddiy reaksiyalarning umumlashgan holatida yuz beradi. Bunday *konsekutiv* deb nomlangan reaksiyalarda bir reaksiya mahsuloti boshqa reaksiya uchun boshlang'ich modda bo'ladi:

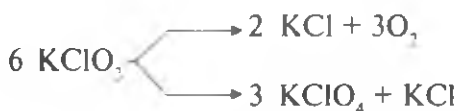


Bunday reaksiyalarga misol tariqasida uglevodorodlarning krekingi, alkanlarni xlrlash reaksiyalari, polimerlanish, murakkab efirlar gidrolizi va shularga o'xshashlarni keltirish mumkin. Bunday reaksiyalarda bir necha tezlik konstantalari orqali ifodalangan kinetik tenglamalar bo'ladi. Ko'pincha, bunday reaksiyalarda bir vaqt oralig'ida turli jarayonlar amalga oshadi, bir necha bog'larining uzilishi, ko'pgina bog'larning yuzaga kelishi, umumiy jarayon tezligi katta bo'lnasligi kutiladi. Bunday reaksiyalar qaytar, parallel, ketma-ket boruvchi, tutash xususiyatli va zanjirli tabiatga ega bo'lishi mumkin. Ularni birma-bir ko'rib chiqamiz:

a) *qaytar reaksiyalar* bizga tanish bo'lgan reaksiyalardir. Ularda reaksiya mahsulotlari o'zaro ta'sirlashib, reaksiyada qatnashgan boshlang'ich moddalarni hosil qiladi:



b) *parallel reaksiyalar* bir vaqtning o'zida boshlang'ich moddalar ikki yoki undan ko'proq, bir-biri bilan bog'liq bo'lmagan yo'nalishda sodir bo'lishi mumkin:



Agar reaksiyalarning biri kichik tezlikda sodir bo'lsa, tez amalga oshadigan bosqich boshlang'ich moddaning sarf bo'lish tezligi bilan bog'liq bo'ladi;

d) *ketma-ket sodir bo'ladigan reaksiyalarda* jarayon bir necha oraliq bosqichlar orqali amalga oshadi:



Bu sxemada A — boshlang'ich, B — oraliq modda yoki moddalar va C — reaksiya mahsulotidir.

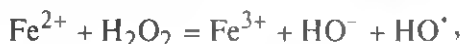
Yuqori molekularli neft mahsulotlarini qizdirish natijasida ulardan maydaroq molekularlar hosil bo'lishi kuzatiladi. Bunday moddalar yana ham uglerod atomlari kamroq bo'lgan mahsulotlarga parchalanadi. Bu turdagi reaksiyalar qatoriga kraxmalning gidrolizi natijasida oligomerlar, ulardan trisaxaridlar, ular esa o'z galida yana ham maydaroq di- va monosaxaridlar hosil qilishi:



kabi misollar kam emas;

e) *tutash reaksiyalarda* bir vaqtning o'zida ikki reaksiya sodir bo'lishi kuzatiladi. Bunda ikki reaksiyada qatnashuvchi moddalar ayrim-ayrim olinganda ulardan biri uchun bu reaksiya bormasligi mumkin, ya'ni bir reaksiya borishi uchun ikkinchi reaksiya mavjud bo'lishi kerak. Masalan,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  havo kislorodi ishtirokida oson oksidlanib  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ni hosil qiladi. Ayrim olingan  $\text{Na}_2\text{HAsO}_3$  kislorod ta'sirida oksidlanmaydi, lekin  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  bilan  $\text{Na}_2\text{HAsO}_3$  bir eritmada birgalikda bo'lganda kislorod ikkala moddani oksidlaydi va  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  ham hosil bo'ladi.

Ikkinchi misol, organik reaksiyalarda kuzatiladigan holatlardan biri benzol vodorod peroksid ta'sirida oksidlanmaydi. Temir(II) ionlari  $\text{H}_2\text{O}_2$  ta'sirida temir(III) ioniga qadar oksidlanadi.  $\text{Fe}^{2+}$  bilan  $\text{H}_2\text{O}_2$  reaksiyasi natijasida  $\text{HO}^\cdot$  radikal hosil bo'ladi:



HO<sup>•</sup> radikal C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> dan vodorod atomini tortib oladi va C<sub>6</sub>H<sub>5</sub><sup>•</sup> radikali hosil bo'ladi. Uning reaksiyalari:

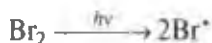


Reaksiyalarning tutash mexanizmga ega bo'lish sababini reaksiyada oraliq aktiv mahsulotlarning (HO<sup>•</sup> radikali) ikkala reaksiyada qatnashishi natijasi deb qarash to'g'ri bo'ladi.

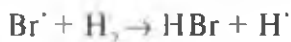
3. **Zanjirli reaksiyalar** xili juda ko'p bo'lib, ulardan biri bilan o'quvchilar metanni xlrlash reaksiyasi misolida tanishgan edilar. Bunday mexanizmga ega bo'lgan reaksiyalar qaldiraq gaz — H<sub>2</sub> va O<sub>3</sub> aralashmasida, gomogen sistemalardan biri uglevodorodlarning oksidlanish (spirtlar, aldehydlar, ketonlar, organik kislotalar kabi ko'p miqdorda olinadigan) parchalanish, polimerlanish reaksiyalarida amalga oshadi.

Har qanday zanjirli reaksiyalarga uchta bosqich xos — zanjir boshlanishi, zanjirning rivojlanishi (davom etish) va zanjirning uzilish bosqichlari.

Birinchi bosqichda tashqi omillar (nur kvanti ta'siri, qizdirish, radi-oaktiv nurlar) ta'sirida bog'lanish energiyasi oson uziladigan molekula, masalan H<sub>2</sub> va Br<sub>2</sub> aralashmasida Br<sub>2</sub> molekulasini nur kvanti ta'sirida ikkita radikalga parchalanadi:



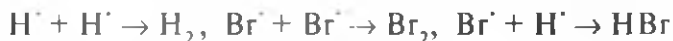
Ikkinchi bosqich zanjirli reaksiyaning rivojlanishida hosil bo'lgan Br<sup>•</sup> radikali H<sub>2</sub> molekulasini bilan to'qnashib, energiyasi kam bo'lgan mahsulot molekulasini va yangi vodorod radikalini hosil qiladi:



yangi H<sup>•</sup> radikali Br<sub>2</sub> molekulasini bilan to'qnashib mahsulotni va yana Br<sup>•</sup> ni hosil qiladi va zanjir yana davom etaveradi:



Uchinchi bosqichda radikallar orasidagi reaksiya natijasida ular oddiy molekullarga aylanadi va shu sababli radikalli zanjir jarayoni to'xtab qoladi:

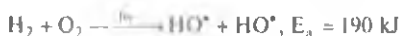


Bundan tashqari, radikallar idish devorlari bilan to'qnashishi ham zanjir uzilishiga sabab bo'ladi.

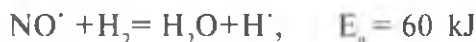
Zanjir davom etishida CH<sub>4</sub> + Cl<sub>2</sub> → yoki H<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> → reaksiyalaridagi kabi bitta radikal jarayon davomida molekula va yangi radikal hosil qilsa, uni *tarmoqlanmagan radikalli zanjir reaksiyasi* deb, agar zanjir davomida

mahsulotdan tashqari birdan ortiq radikal hosil bo'lsa, masalan,  $H_2 + O_2$  sistemani *tarmoqlangan radikalli zanjirli reaksiya* deb ataladi:

1. Zanjirning **boshlanish bosqichi** ( $h\nu$ , elektr uchqun va hokazo ta'sirida):



2. Zanjirning **rivojlanish bosqichi**:



Shu jarayonda aktiv radikallar soni geometrik progressiya tarzida ortib boradi va shu sababli bunday reaksiyalar tezligi keskin ortadi.

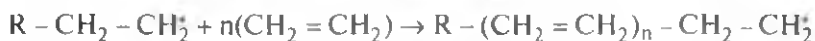
3. Zanjirning **uzilish bosqichida** quyidagi jarayonlar kuzatilishi mumkin:



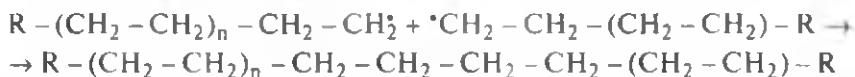
Polimerlanish reaksiyalari initsiator ishtirokida quyidagicha davom etishi mumkin:

- 1)  $R : R \rightarrow 2R^\bullet$  (initsiatorning radikal hosil qilib parchalanishi);

- 2)  $R^\bullet + CH_2 = CH_2 \rightarrow R : CH_2 - CH_2$



- 3)  $R - (CH_2 - CH_2)_n - CH_2 - CH_2^\bullet + R^\bullet \rightarrow R - (CH_2 - CH_2)_n - CH_2 - CH_2 - R$



Bunday reaksiyalarda aktiv markazlar (radikallar) soni qisqa vaqt davomida keskin ko'payadi va jarayon portlash bilan tugaydi. Lekin, ba'zi jarayonlarda qisqa vaqt ichida ajralib chiqayotgan katta ko'lamdagi issiqlik energiyasi atrof muhitga tarqalishi qiyinlashganda ham portlashga o'xshash yonish vaziyati yuzaga keladi.

Radikalni zanjir reaksiyalarni tadqiqot etishda H. H. Semenov (1956-yil Nobel mukofoti sovrindori) boshchiligidagi Rossiya olimlari ilmiy maktabining xizmati katta.

## **IX 6. Kataliz**

Kimyoviy jarayonlarning tezligiga ta'sir qiluvchi omillardan yana biri — katalizator haqida o'quvchilar „sulfat kislotasi“ mavzusida tanishgan edilar. Reaksiya tezligining o'zgarishi katalitik jihatidan aktiv moddaning

miqdori juda oz bo'lganda ham juda katta bo'lishi mumkin. Bunday xususiyatga ega bo'ladigan katalizatorlar tirik organizmlardagi ko'pchilik reaksiyalarda qatnashuvchi biokatalizatorlar — *fermentlar* bo'lib, ular aktivlik jihatdan boshqa katalizatorlardan keskin farq qiladi. Masalan, murakkab tuzilishga ega bo'lgan *katalaza* fermenti  $0^{\circ}\text{C}$  da 1 s davomida  $6 \cdot 10^{25}$  dona vodorod peroksidni parchalash xususiyatiga ega.

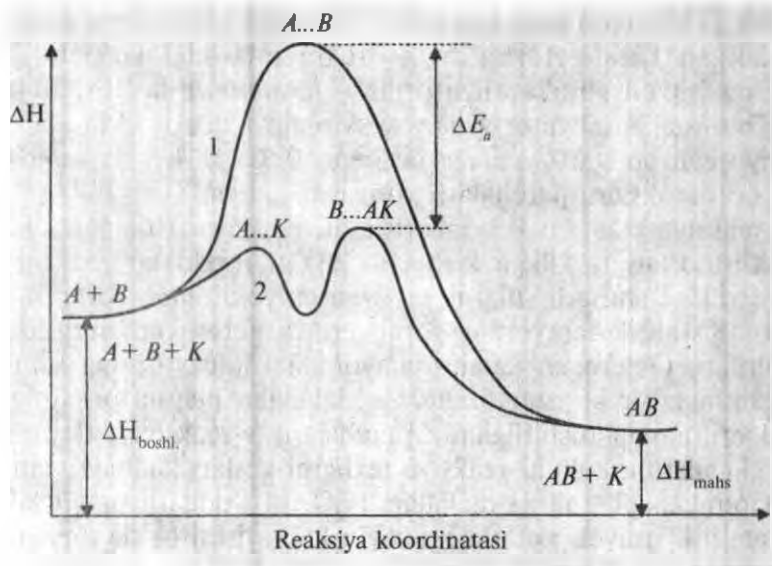
*Katalizatorlar* reaksiya tezligini keskin orttiradi, reaksiyada qatnashadi, lekin reaksiya mahsulotlari tarkibiga kirmaydi. Ba'zi moddalar reaksiya tezligini, aksincha sekinlashtiradi, ularni *ingibitorlar* yoki *salbiy katalizatorlar* deb ataladi. Katalitik jarayonlar gomogen va geterogen muhitda sodir bo'lishi mumkin. Geterogen kataliz jarayonida katalizatorning sathi uning aktivligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Juda silliqlangan platina plastinka vodorod peroksid eritmasiga tushirilganda parchalanish reaksiyasi deyarli kuzatilmagan. Lekin platina kukuni reaksiya tezligini keskin kuchaytirgan. Elektroliz usulida olingan platina zarrachalari  $\text{H}_2\text{O}_2$  ni shiddatli parchalagan. Lekin shu katalitik jarayon kolloid holdagi platina ishtirokida amalga oshirilganda reaksiya portlash bilan sodir bo'lgan. Moddalar orasida sodir bo'ladigan reaksiya oraliq aktiv kompleks hosil bo'lishi bilan tavsiflanishi haqida yuqorida aytib o'tilgan edi. Agar shunday jarayonning aktivlanish energiyasi yuqori bo'lsa, uning sodir bo'lish tezligi sezilarli bo'lmasligi mumkin. Agar sistemaga reaksiyaga kirishuvchi moddalarning biri bilan oson oraliq aktiv kompleks hosil qilish xususiyatiga ega bo'lgan modda kiritilsa, unda  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$  reaksiyadagi boshlang'ich moddalarning biri A bilan shu modda orasida  $\text{A} + \text{K} \rightarrow \text{A} \dots \text{K}$  aktivlangan kompleks paydo bo'ladi, katalizator boshlang'ich moddalarning ikkinchisi bilan oson ta'sirlashsa (aktivlanish energiyasi past bo'lishi tufayli) ikkinchi xil aktiv kompleks  $\text{B} + \text{AK} \rightarrow \text{B} \dots \text{AK}$  hosil bo'lishi mumkin.

Bu kompleks AB molekulasiga va K ga parchalanganda mahsulot hosil bo'ladi va katalizator o'zining ilgarigi holatiga qaytadi, bu katalizator yana shunday tarzda yangi ta'sirlashishda ishtirok etishi mumkin. Umuman, katalizator reaksiya natijasida sarf ham bo'lmaydi, o'z holatini ham o'zgartirmaydi.

IX. 3-rasmda reaksiyaning borishida katalizatorsiz (1-egri) va uning ta'sirida (2-egri) sodir bo'ladigan holatlar aks ettirilgan. Undan ko'rinishicha, katalizator ishtirokida  $E_a'$  va  $E_a''$  qiymatlarida o'zgarish ( $\Delta E_a$ ) sistema uchun yutuq mavjudligini aks ettiradi va rasm tagida keltirilgan formulada reaksiya tezligining ifodasida  $E_a$  manfiy daraja holatida bo'lgani uchun  $\Delta E_a$  qiymati ozgina kamayganda ham reaksiya tezligi juda keskin o'rtishini tushuntiradi.

$\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$  reaksiyada aktivlanish energiyasining 40 kJ/mol ga kamayishi 500 K da reaksiya tezligini 30 ming marta tezlashtirishga olib kelar ekan.





IX. 3-rasm.  
*Gomogen sistemada katalizator qatnashmagan (1) va katalizator ishtirok etgan (2) reaksiyalarda energiya o'zgarishi.*

Katalitik jarayonlarning muhim xususiyatlarini quyidagicha umumlashtirish mumkin:

1. Oz miqdordagi katalizator ham reaksiya tezligini oshira oladi, chunki uning ta'sir qilish vaqti juda qisqa.

2. Katalizatorning asosiy mohiyati — u reaksiyaning aktivlanish energiyasini pasaytiradi.

3. Katalizatorning ta'sir etish doirasi keng yoki cheklangan bo'lishi mumkin. Biologik tabiatga ega bo'lgan fermentlarning ta'siri tor doirada bo'lsa, anorganik tabiatga ega bo'lgan katalizatorlar (Pt, Pd, Ni va boshqalar)ning ta'sir doirasi keng bo'ladi.

4. Hosil bo'lgan moddalar yana parchalanib boshlang'ich moddalarni hosil qilishda ham katalizatorlar aktiv bo'lishi mumkin, shu sababli katalizatorlar reaksiya unumini oshirmaydi, ular qaytar reaksiyalarning muvozanat holatga kelishini tezlashtiradi.

5. Ko'pchilik katalizatorlarga chet moddalar qo'shilganda ularning aktivligi ortishi mumkin. Bunday moddalarni *promotorlar* deb ataladi. Masalan,  $H_2$  va  $N_2$  orasidagi reaksiya katalizatori temirga  $Na_2O$ ,  $K_2O$  va  $Al_2O_3$  lar aralastirilganda katalizator aktivligi ortadi.

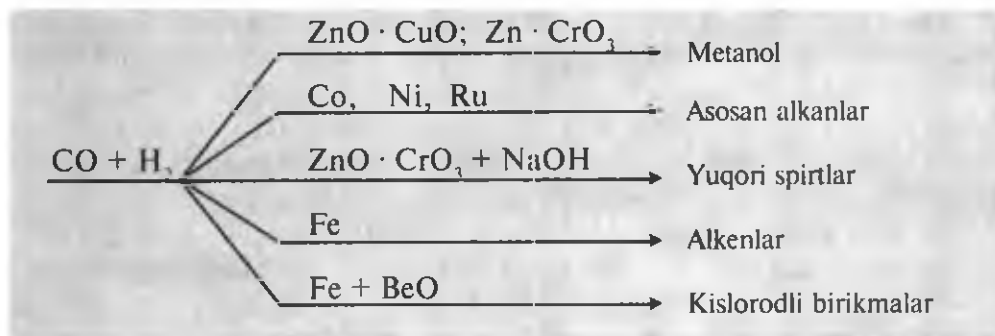
6. Bir reaksiyaning o'zi katalizator bilan *gomogen* (masalan,  $SO_2$  ning kislorod bilan oksidlanishida  $NO_2$  katalizatorlik vazifasini bajarganda) yoki *geterogen* (masalan, Pt) sistemani hosil qilishi mumkin. Biologik sistemalarda bunday hodisa deyarli uchramaydi.

Kimyoviy moddalar ishlab chiqarishda katalizatorlarni qo'llash juda katta ahamiyatga ega. Ularning qo'llanishi ko'pgina jarayonlarni jadallash-tirishga, reaksiyalarni energetik tejamkor sharoitda olib borishga imkon beradi.

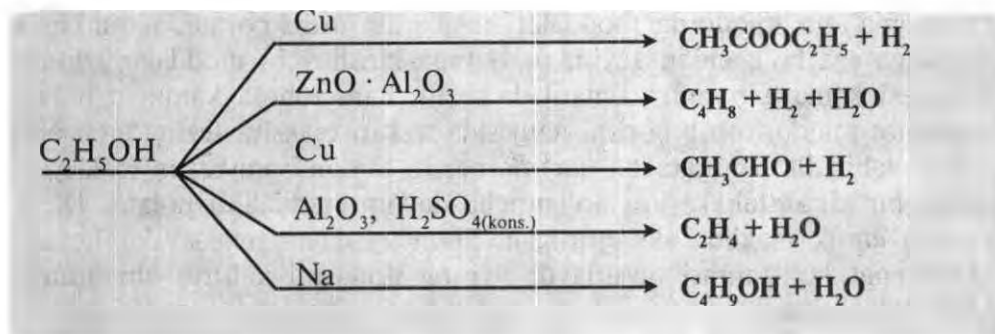
Katalizatorlar mumkin bo'lgan reaksiyalarning faqat ayrimlarining tez-ligini oshirishi — selektivligi muhim hodisa bo'lib, bu holat biologik siste-malarning murakkab tuzilishga ega bo'lishi natijasidir. Lekin tajribada biz qo'llaydigan katalizatorlarning bunday xususiyati juda cheklangan.

Geterogen katalizda bunday selektivlikka erishish imkoniyati deyarli juda kam yoki mumkin emas, chunki katalizator ta'sirida hosil bo'ladigan oraliq aktiv zarrachaning tabiati turlicha bo'lganda selektivlik xususiyati paydo bo'lishi mumkin.

Etanolning katalitik parchalanishida spirt molekulasida katalizator yuzasi-da turli holatlarda adsorbsiyalanishi mumkin, bunda molekuladagi  $-C-C-$  bog'larning aktivlashishi natijasida spirtning degidrogenlanishi yuz beradi;



IX. 4-rasm.  $300-400^{\circ}C$  oralig'ida uglerod(II) oksid bilan vodorod aralashmasining turli katalizatorlar ta'sirida hosil qiladigan mahsulotlar turi.



IX. 5-rasm. Etanolning katalizator turiga qarab turli mahsulotlarga aylanish sxemasi.

molekulaning boshqacha adsorbsiyalanishi natijasida  $-C-O-$  bog'i aktivlansa, molekulaning degidratlanishiga olib keladi, katalizatorning tanlab ta'sir etishi emas, oraliq aktivlangan zarracha vaziyati haqida ham so'z bo'lishi mumkin.

Turli katalizatorlar ta'sirida bir reaksiyaning o'zida hosil bo'ladigan mahsulotlar turi har xil bo'lishini quyidagi sxemalardan ko'rish mumkin (IX. 4-rasm, IX. 5-rasm).

## **IX 7. Kimyoviy muvozanat, uning siljishi.** **Le Shatelye prinsipi**

Kimyoviy jarayonda hosil bo'ladigan mahsulotlar konsentratsiyasi ma'lum miqdorga yetganda reaksiya tezligi kamaya borishi ma'lum miqdordagi mahsulotning boshlang'ich moddalarga aylanishi bilan bog'langan.

Bunday vaziyatda o'ng tomonga boradigan reaksiya tezligi bilan chap tomonga boradigan reaksiya tezligi orasida ma'lum munosabat kuzatiladi. Bu munosabat o'zgarmas bo'lganda sistema *dinamik muvozanat* holatiga o'tadi. Bunday muvozanatda qarama-qarshi tomonlarga yo'nalgan reaksiyalar tezliklari bir-biriga teng bo'lib, vaqt birligida qancha mahsulot hosil bo'lsa, shuncha miqdorda u parchalanib boshlang'ich moddalarga aylanadi.

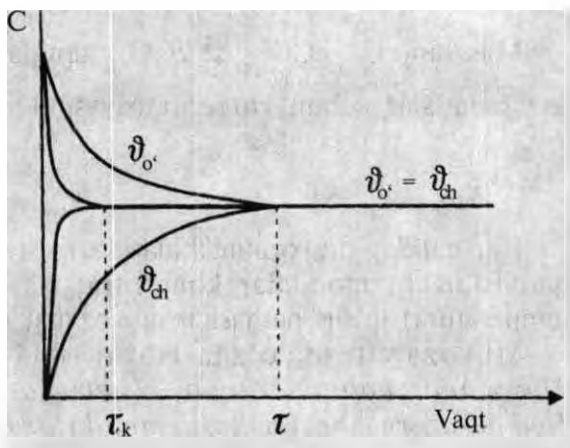
Bunday sistemalar uchun muhim xususiyatlar mavjud:

- a) muvozanat holatdagi sistema tarkibi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi;
- b) agar shunday sistemada tashqi ta'sir natijasida muvozanat buzilsa, u tashqi kuch yo'qolishidayoq o'z holatiga qaytib keladi;
- d) dinamik muvozanatni omillar ta'sirida xohlagan tomonga siljitish mumkin.

Qaytar reaksiyalar boshlangan vaqtda o'ng tomonga boradigan reaksiya tezligi ma'lum miqdorda moddalar hosil qilib ortib boradi, u maksimal qiymatga ega bo'lgandan keyin, reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasi kamaya boradi va natijada tezlik ham tobora kamayib boradi. Mahsulot miqdori ortib borishi natijasida teskari reaksiya tezligi ham ortib borishi tabiiydir. Shu jarayon qarama-qarshi tomon borayotgan reaksiyalar tezligi bir xil kattalikka ega bo'lguncha davom etadi. Shu holatni IX. 6-rasmda grafik shaklida aks ettirilgan. Shunday qaytar reaksiyalar holatini muvozanat konstantasi tavsiflaydi. Uning ifodasini keltirib chiqaramiz. Qaytar reaksiya



IX. 6-rasm. Katalizator ishtirokida ( $\tau_k$ ) va katalizator ishtirok etmagan ( $\tau$ ) hollarda kimyoviy muvozanatning qaror topishigacha o'tgan vaqt grafiqi.



uchun o'ngga va chapga boradigan reaksiyalar tezlik ifodalari

$$v_{o'} = k_{o'} [A]^a \cdot [B]^b \text{ va } v_{ch} = k_{ch} [C]^c \cdot [D]^d \text{ bo'ladi,}$$

$k_r$  va  $k_{o'}$  ikkala reaksiyaning tezlik konstantalari. Ikkala reaksiya tezligi tenglashganda ( $v_{o'} = v_{ch}$ )  $k_{o'} [A]^a \cdot [B]^b = k_{ch} [C]^c \cdot [D]^d$  bo'ladi, undan

$$K_M = \frac{k_y}{k} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \text{ ni olamiz. (} K_M \text{ — muvozanat konstantasi.) Har bir}$$

qaytar reaksiya uchun bu qiymat ma'lum sharoitda doimiy kattalikka ega. U reaksiyada qatnashuvchi moddalar konsentratsiyasiga bog'liq emas, lekin temperatura o'zgarishiga sezgir. Endotermik jarayonlarda temperatura ko'tarilsa, muvozanat konstantasi kattalashadi va aksincha, ekzotermik jarayonlarda esa uning kichiklashishiga olib keladi. Muvozanat konstantasini hisoblash uchun reaksiyada qatnashuvchi moddalarning muvozanat konsentratsiyalarini amalda aniqlash talab etiladi. Bu qiymatlardan boshlang'ich moddalar konsentratsiyalarini hisoblash mumkin.

$K_M$  qiymati qancha katta bo'lsa, mahsulot unumi shuncha yuqori bo'ladi.

Muvozanat holatini katalizatorlar o'zgartirmaydi, lekin muvozanat holat qaror topishini tezlatadi, ya'ni sistemaning statsionar holatga kelishini osonlashtiradi.

Geterojen sistemalarda qattiq yoki suyuq moddalar konsentratsiyasi gazlarnikiga o'xshab o'zgarmaydi. Ularning konsentratsiyalari reaksiya tezliklari ifodasiga kirmasligi to'g'risida aytib o'tilgan edi. Shunday holat muvozanat konstanta ifodasi uchun ham o'rin topadi.

Masalan,  $C_{(k)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$  tenglamasi uchun  $K_M = \frac{[CO]^2}{[CO_2]}$  ifodani gaz moddalar uchun konsentratsiyasini parsial bosim bilan almashtirsak,

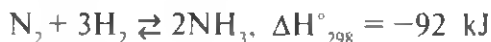
$$K_M = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} \text{ bo'ladi.}$$

Har qanday muvozanat holatidagi sistemaga tashqi omillar (reaksiyada qatnashuvchi moddalar konsentratsiyasi, gazlar uchun tashqi bosim, temperatura) ta'siri natijasida muvozanat o'zgarishi kuzatiladi.

Muvozanatning o'zgarishini 1884-yilda Le Shatelye ta'rifladi: *Muvozanat holatda turgan sistemaga biror tashqi ta'sir o'tkazilsa (temperatura, bosim yoki moddalardan birining konsentratsiyasi o'zgartirilsa), muvozanat shu ta'sirni kamaytiruvchi reaksiya tomon siljiydi.* Sistema temperaturasi ko'tarilganda muvozanat endotermik jarayon tomoniga, bosim orttirilganda hajmi kamroq bo'lgan moddalar hosil bo'ladigan reaksiya tomon siljiydi.

Le Shatelye prinsipiga asoslangan holda kimyoviy jarayonlarni boshqarish imkoniyatiga ega bo'lamiz.

Misol uchun o'ng tomonga boradigan ekzotermik (teskari tomonga esa endotermik) jarayonni olamiz:



**1. Temperatura orttirilganda** muvozanat chap tomonga siljiydi, ya'ni ammiakning parchalanishiga olib keladigan reaksiya tezligi ortadi. Temperatura pasayganda (sistema sovitilganda) muvozanat ammiak sintezi (o'ng tomon) ortadigan tomon siljiydi.

Xulosa qilib aytganda, temperatura ortganda muvozanat endotermik reaksiya tomon, temperatura pasaytirilganda ekzotermik jarayon tomon siljiydi.

**2. Bosim o'zgarishi** bu sistema muvozanatiga ta'sir ko'rsatadi. Yopiq idishda o'zgarmas temperaturada mahsulotlar kam hajm egallaydi, boshlang'ich moddalar esa ko'proq hajm egallaydi.

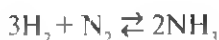
Demak, reaksiya to'g'ri tomonga borishi natijasida sistemada bosim kamayadi, reaksiya teskari tomonga borganda esa bosim ortadi. Reakcion hajmni siqilganda muvozanat o'ng tomonga siljiydi va aks holda, bosim kamaytirilganda muvozanat chap tomonga siljiydi.

**3. Konsentratsiya o'zgarishining** muvozanatga ta'sirini ham Le Shatelye prinsipi tushuntiradi. Agar boshlang'ich moddalardan birining konsentratsiyasi orttirilsa, shu modda ishtirokida o'ng tomonga boradigan reaksiya tezligi ortadi, ya'ni qo'shilgan modda konsentratsiyasini

kamaytirishga olib keladigan reaksiya tezligi teskari tomonga boradigan-nikiga qaraganda kattaroq bo'ladi, muvozanat o'ng tomonga siljiydi. Yuqorida ko'rib o'tilgan omillarning muvozanatga ta'siri natijalaridan amaliy xulosalar qilish mumkin. Bizning misolimizda ammiak unumini orttirish uchun reaksiyani mumkin qadar past temperaturada va boshlang'ich moddalardan birining konsentratsiyasi tenglamadagi stexiometrik nisbatlarga nisbatan kattaroq bo'lgan sharoitda olib borish yaxshi natijaga olib keladi. Lekin,  $H_2$  va  $N_2$  aralashmasining temperaturasi kamaygan sari reaksiya tezligi ortaveinmaydi, past temperaturada zarrachalar harakat tezligi kamayadi, aktiv zarrachalar soni kamayadi, reaksiya tezligi ham kamayib ketadi. Shu sababli temperaturani ma'lum darajagacha kamaytiriladi.

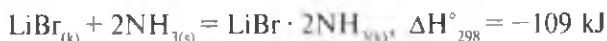
### Savol va topshiriqlar

? 1. Quyidagi reaksiya



muvozanati temperatura ortganda chap tomonga siljiydi. Shu reaksiyaning issiqlik effekti ishorasi qanday bo'ladi?

2. Qanday omillar muvozanat holatini va muvozanat konstantasi qiymatini o'zgartiradi?
3. Quyida keltirilgan tenglamalar



asosida qaysi modda —  $H_2O$  yoki  $NH_3$  molekulari litiy bromid bilan ta'sirlashishga moyilligini muhokama qiling.

### Testlar

1. Reaksiya tezligiga temperatura ta'sirini qaysi olim taklif etgan formula bo'yicha aniqlash mumkin?

1) G.I.Gess; 2) Vant-Goff; 3) Le Shatelye; 4) S.Arrenius.

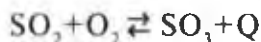
A) 2 B) 1,2 C) 2,3 D) 2,4 E) 3,4

2. Qaysi bitta kimyoviy jarayonning (a) sodir bo'lishini gomogen yoki geterogen (c) kataliz yordamida amalga oshirish mumkin?

a) 1) azotni azot(II) oksidgacha oksidlash;

- 2) oltingugurt(IV) oksidni sulfat angidridgacha oksidlash;  
 3) azotni ammiakgacha qaytarish;  
 b) 4) azot(II) oksid; 5) azot(III) oksid;  
 6) azot(IV) oksid; 7) azot(V) oksid;  
 c) 8) mis(II) oksid; 9) nikel oksid; 10) platina; 11) nikel  
 A) 1,4,7,11 B) 3,5,9 C) 1,2,10 D) 3,6,8,11 E) 2,6,11

3. Muvozanat holatidagi



sistemada  $\text{SO}_3$  ning konsentratsiyasi oshirilsa, quyidagilarning qaysi biri amalga oshadi?

- 1) sulfit angidridning konsentratsiyasi ortadi;  
 2) kislorodning konsentratsiyasi ortadi;  
 3) endotermik jarayon sodir bo'ladi;  
 4) moddalar konsentratsiyasi o'zgarmaydi;  
 5) sistemada bosim kamayadi;  
 6) sistemada bosim ortadi.  
 A) 1,2,5,6 B) 2,3,5,6 C) 2,3,4,6 D) 1,2,3,6 E) 3,4,5,6

Anorganik kimyo kursida o'quvchilar tanishib chiqqan birikmalarning tarkibini *stexiometrik* qonuniyatlar asosida tushunish qiyin emas.

Deyarli hamma metall ionlari ishtirokida hosil bo'ladigan *koordinatsion* birikmalar Sizga tanish bo'lgan birikmalarga nisbatan murakkab tarkib va turli-tuman xossalari bilan ajralib turadi. Masalan,  $\text{PtCl}_4$  ning ammiak bilan hosil qiladigan birikmalari  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_3$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$  va  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$  tarkibga ega bo'lib, ular suvda eritilganda turli miqdorda ionlar hosil bo'ladi (keltirilgan birikmalar uchun tegishli tartibda 5, 4, 3, 2 ta ionga dissotsilanadi, oxirgi birikma ionlarga dissotsilanmaydi).

Bunday moddalar formulalarida metall ioni ( $\text{Pt}^{4+}$ ) *markaziy atom* va uning atrofida *ligandlar* deb ataladigan zarrachalar (molekula, ion yoki boshqalar) koordinatsiyalangan bo'ladi.

Markaziy atom va uning ligandlari birgalikda koordinatsion birikmaning *ichki sferasida*, undan tashqarida esa *tashqi sfera* zarrachalari (kationlar, anionlar yoki molekularlar) joylashadi.

Ligandlar soni ayni koordinatsion birikmadagi markaziy atomning *koordinatsion sonini* aks ettiradi. Ularning soni 2–12 chegarasida bo'ladi. Koordinatsion son qiymati markaziy atomning valentligiga qarab o'zgaradi. Markaziy atom va ligandlar hosil qilgan birikmalarning xossalari boshlang'ich moddalarnikidan farq qiladi. Koordinatsion birikmalar stexiometriyasi murakkab bo'lsa ham, undagi zarrachalarning oksidlanish darajalari yig'indisi nolga teng bo'ladi. Shu bilan birga koordinatsion ion zaryadi bilan markaziy atom zaryadlari har doim ham bir xil bo'lavermaydi.

Koordinatsion zarracha (ichki sfera) markaziy atom, ligandlar soni, ularning zaryadlari qiymatiga qarab kation, anion yoki neytral holatda bo'lishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan platina birikmalarida ammiak va xlor ionlari birikmalarning ligandlari bo'lib, barcha birikmalarda markaziy atomning oksidlanish darajasi +4 ga, koordinatsion son qiymati hamma birikmalarda 6 ga teng. Ichki sfera (koordinatsion zarracha) zaryadi esa (yuqoridagi birikmalarda tegishli ravishda +4, +3, +2, +1 va 0) oddiy, sizga ma'lum bo'lgan usulda hisoblanadi.



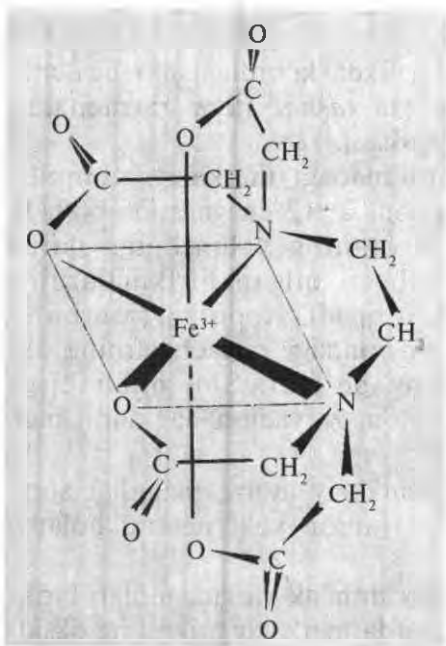
Ligandlarning markaziy atom atrofida joylashishi ularning simmetriyalari, koordinatsion ionning zaryad ishorasi va kattaligi ayni moddaga xos xususiyatlarni shakllantiradi. Ko'pchilik birikmalarda geometrik tuzilishi chiziqli (koordinatsion son 2 ga teng), tetraedr yoki yassi kvadrat (koordinatsion son 4), oktaedr (koordinatsion son 6) yoki boshqa xillari bo'lishi mumkin.

Ligandlar sifatida quyidagi zarrachalar bo'lishi mumkin:

— kislota qoldiqlari (bunday ligandli birikmalar *atsidokomplekslar* deb ataladi) —  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $CN^-$ ,  $S^{2-}$ ,  $OH^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $C_2O_4^{2-}$  va boshqalar;

— neytral molekularlar:  $H_2O$  (*akvabirikmalar*),  $NH_3$  (*ammiakatlar*),  $C_6H_5N$ ,  $R-NH_2$ ,  $R_2NH$  (*aminobirikmalar*),  $NH_2-CH_2-CH_2-NH_2$  (etilendiamin qisqacha *En* ko'rinishida yoziladi),  $CO$  (*karbonillar*);

— oz miqdordagi birikmalarda manfiy oksidlanish darajali markaziy atom atrofida musbat zaryadli ligandlar koordinatsiyalanadi —  $[NH_4]^+$ ,  $[H_2F]^+$ ,  $[PH_4]^+$ .



X. 1-rasm.  $Fe^{3+}$  ionining etilendiamintetrasirka kislota (EDTSK) bilan hosil qilgan birikmasining fazoviy tuzilishi.

Ba'zi markaziy atom atrofida ligandlarning egallagan o'rinlar soni (*dentatligi*) yoki *koordinatsion sig'imi* o'zgaruvchan (masalan,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $RCOO^-$  lar bir yoki ikki sig'imli) yoki birdan ortiq bo'lishi mumkin: aminokislotalar, diollar, glitserin, *En*,  $S_2O_4^{2-}$  lar ikki dentatli bo'lsa,  $NH_2-CH_2-CH_2-NH-CH_2-SH_2-NH_2$  (*di-tilentriamin*), trietilentetraminlar tegishli ravishda uch va to'rt dentatli bo'ladi. Quyidagi etilendiamintetrasirka kislota (EDTSK) geksadentat holatida koordinatsiyada qatnashishi mumkin (X. 1-rasm).

Markaziy atom vazifasini katta davrlarning oraliq *d*-elementlar ionlari, ba'zan metallmaslar (ammoniy ionida  $N^{-3}$ ,  $H[PF_6]$  da  $P^{+5}$ ,  $H[BF_4]$  da  $B^{+3}$  va boshqalar) ba'zan neytral holdagi metall atomlari bajarishi mumkin.

## X 1. Koordinatsion birikmalar turlari

*Koordinatsion birikmalar turlari* kislota, asos, tuz, ba'zilar esa neytral (noelektrolit) va boshqa xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Quyida bir necha misollar keltiramiz:

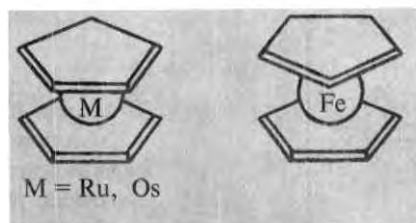
- kislotalar:  $H_4[Fe(CN)_6]$ ,  $H_2[BeF_4]$ ,  $H[BF_4]$ ,  $H[PF_6]$ ,  $H_2[SiF_6]$ ;
- asoslar:  $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ ,  $[Ag(NH_3)_2]OH$ ,  $[Ni(NH_3)_6](OH)_2$ ;
- tuzlar:  $K_3[AlF_6]$ ,  $Na_4[PtCl_6]$ ,  $K_3[Fe(CN)_6]$ ,  $K_4[Fe(CN)_6]$ ;
- noelektrolitlar:  $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ ,  $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$ ,  $[Ni(CO)_4]$ ;
- gidroksibirikmalar:  $Na[Be(OH)_4]$ ,  $K_3[Al(OH)_6]$ ,  $Na_2[Sn(OH)_6]$  va

boshqalar;

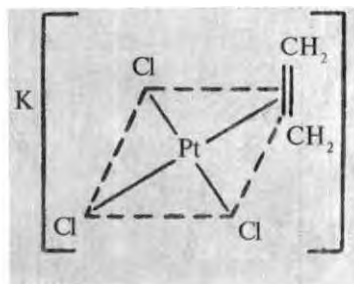
— aralash turlar:  $[Pt(NH_3)_4Cl_2]SO_4$ ,  $[Co(NH_3)_2Cl]NO_3$ ,  $[Pt(NH_3)_4(H_2O)_2]Cl_4$  va hokazo.

— ko'p yadroli birikmalar:

—  $\pi$ -komplekslar ligandlarning qo'sh bog'i bilan markaziy atomning  $d$ -orbitallari orqali birikishi natijasida yuzaga kelib chiqadi. Oksidlanish darajasi +2 bo'lgan oraliq metallar ionlari siklopentadienil ionlari ( $C_5H_5^-$ ) bilan «sendvich» strukturasi ega bo'lgan birikma — metallotsenlarni hosil qiladi. Metallotsenlar ravshan rangli birikmalar bo'lib, metall ionining elektron konfiguratsiyasi nodir gaznikidek bo'lganda (X. 2-rasm) turg'un bo'lib, 400 °C gacha parchalanmaydi. Bunday birikmalarda aromatik xususiyat, masalan, vodorod atomi elektrofil reagentlar (sulfolash, Fridel-Krafts reaksiyasi bo'yicha atsillash reaksiyalari) bilan o'rin almashinadi;



X. 2-rasm. Ba'zi ditsiklopentadienilmetal(II) larning fazoviy tuzilishi.



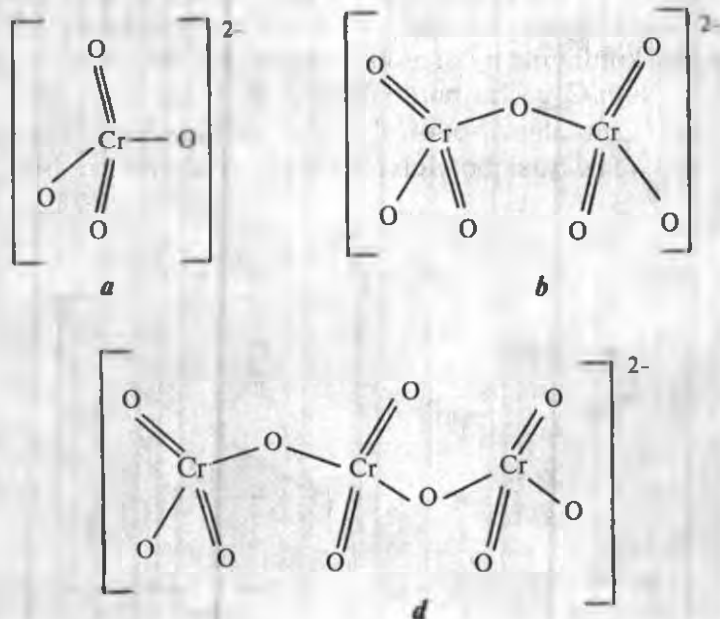
X. 3-rasm.  $\pi$ -kompleks — Seyze tuzi.

— *dativ bog'li koordinatsion birikmalarda* markaziy atomning bog' hosil qilishda qatnashmagan *d*-orbitali bilan ligandning  $\pi$ -orbitali orasidagi qoplashishi natijasida markaziy atomdagi elektron bulutining zichligi ligandning  $\pi$ -orbitaliga siljiydi va shu vaziyat tufayli mustahkam  $\pi$ -dativ bog' hosil bo'ladi (X.3-rasm). Aniqlanishicha, erkin holdagi  $C \equiv O$  molekulasida va uning karbonillarida ligandning atomlari oraliqidagi masofa (*r*) va bog'ning kuch konstantasi (*k*) quyidagicha bo'lar ekan:

	<i>r</i> , nm	<i>k</i> , din/sm
$C \equiv O$	0,113	$18,6 \cdot 10^5$
karbonillar	0,115	$16,2 \cdot 10^5$

*r* qiymati kamayib, *k* qiymati ortganda atomlar orasidagi bog' mustahkamlanadi. Nikel atomining elektron buluti zichligi  $C \equiv O$  tomon siljiganidagina yuqorida keltirilgan vaziyatni tushuntirish mumkin;

— *izopolikislotalar* VB va VIB gruppachasidagi elementlarning yuqori oksidlanish darajadagi oksidlariga shu kislota angidridlari bilan hosil qilgan birikmalari sifatida qarash mumkin (X. 4-rasm).

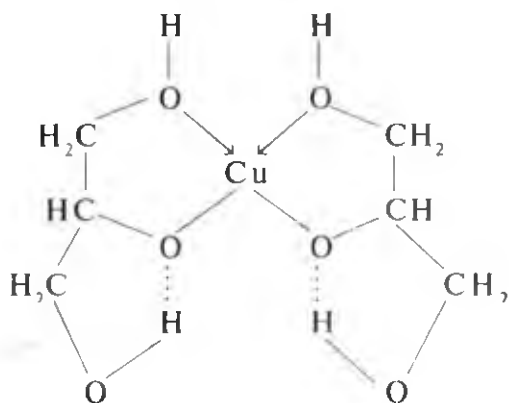


X. 4-rasm. Xromat kislotaning (a) izopolikislotalari — dixromat (b) va trixromat (d) ionlarining fazoviy tuzilishi.

Shunday birikmalarni hosil qilishda xromdan tashqari volfram, molibden (VIB gruppacha elementlari), vanadiy, niobiy ham tantal (VB gruppacha elementlari) kabi eng yuqori oksidlanish darajasiga ega bo'lgan ba'zi elementlarga ishtirok eta oladi.

— *geteropolikislotalar* ba'zi kislorodli kislotalarda kislorod atomlarining barchasi yoki ma'lum qismi boshqa kislorodli kislotalarining qoldiqlari bilan almashganda hosil bo'ladi:  $H_3PO_4$  ning digidratini  $H_7[PO_6]$  da 6 ta  $O^{2-}$  6 ta  $H_2Mo_2O_7$  (dimolibdat kislota) qoldig'i bilan almashsa,  $H_7[P(Mo_2O_7)_6]$  5 ta  $O^{2-}$  almashsa  $H_7[PO(Mo_2O_7)_5]$ , boshqa vaziyatda  $H_7[PO_3(Mo_2O_7)_3]$  geteropolikislotalar hosil bo'ladi;

— *xelat koordinatsion birikmalarda* ko'p dentatli ligand markaziy atomga ikkita yoki undan ko'proq funksional gruppalar orqali bog'lanib, 5 yoki 6 a'zoli yopiq zanjir hosil qiladi. Masalan, mis(II) gidroksid glikol yoki glitserin bilan ravshan ko'k rangli, turg'un bo'lgan birikma eritmasini hosil qiladi.



Markaziy atomning valentligi (yoki oksidlanish darajasi) bilan uning koordinatsion soni orasida ko'pincha quyidagi munosabatlar kuzatiladi:

Markaziy atomning oksidlanish darajasi	1	2	3	4
Koordinatsion son (qavslar ichida kamroq uchraydigan qaymatlar)	2	4(5)	6(8)	8
Markaziy atom bilan ligandlarning fazoviy geometriyasi	chiziqli	tetraedr, yassi kvadrat (oktaedr)	oktaedr(kub)	kub yoki boshqa holatlar

## X 2. Koordinatsion birikmalar nomenklaturasi

Koordinatsion birikmalar nomenklaturasining asosi oddiy moddalarniki-ga o'xshash. Nazariy va amaliy kimyoning xalqaro birlashmasi (IYUPAK) tavsiya etgan qoidalari qisqacha quyidagilardan iborat:

1. Oldin kation, oxirida anion nomi aytiladi.

2. Ligandlarni nomlash tartibi quyidagicha bo'ladi: oldin manfiy zaryadlisi, keyin neytral holdagisi, oxirida esa musbat zaryadli ligandlar nomlanadi (ularni har birining chegarasida oldin soddalari, keyin murakkablariga o'tiladi).

3. Kislota qoldig'i nomiga «O» harfi qo'shiladi.

4. Markaziy atomning oksidlanish darajasini uning nomidan keyin qavs ichida rim raqami bilan yoziladi.

5. Ligandlar sonini yunoncha raqamlar orqali ifodalanadi. Kompleks ion nomi bitta so'z holida yoziladi.

Quyida bir necha misollar keltiramiz:

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  — diamminkumush(I) xlorid;

$\text{K}_2[\text{CuCl}_4]$  — kaliy tetraxloromis(II);

$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  — geksamminxrom(III) xlorid;

$\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NO}_2)_2\text{Cl}_2]$  — kaliy dixlorodinitroplatina(II);

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{NO}_2\text{Br}](\text{NO}_3)_2$  — bromonitrotetraamminplatina(IV) nitrat;

$\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$  — kaliy tetratsianonikel (0);

$\text{K}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$  — kaliy tetragidroksoberilliy (II).

## X 3. Koordinatsion birikmalarda izomeriya hodisasi

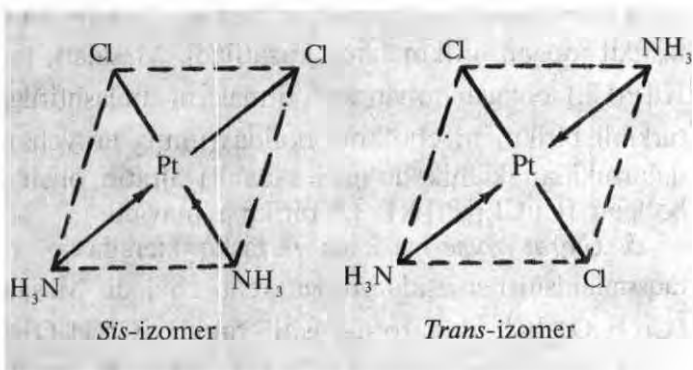
Bu xususiyat organik birikmalardagi kabi keng tarqalgan. Izomerlar xossalarning tadqiqoti birikmalarning geometrik tuzilishini aniqlashga imkon beradi.

*Izomeriya* turlari o'ndan ortiq, biz ularning ba'zilariga to'xtalamiz.

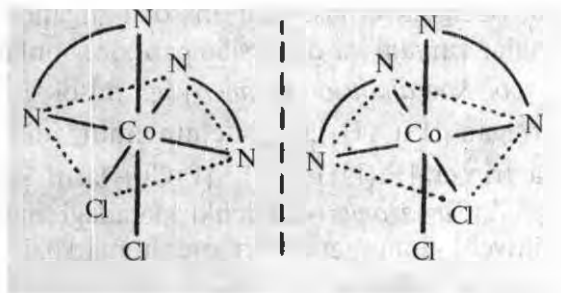
1. *Geometrik izomeriya* tekis kvadrat yoki oktaedr shakliga ega bo'lgan koordinatsion birikmalarda uchraydi. Koordinatsion soni 4 ga teng bo'lgan birikmalarda 4 ta ligand ikki xil tabiatli bo'lganda yuzaga kelib chiqadi, ular kvadrat tekislikda ikki xil *sis*- va *trans*-izomerlar holida joylashadi (X. 5-rasm).

Bu izomerlar bir-biridan fizik va kimyoviy xossalari bilan farq qiladi.

Tetraedr tuzilishiga ega bo'lgan koordinatsion birikmalar bunday izomeriyaga ega bo'lmaydi.



X. 5-rasm. *Dixlorodiamminplatina(II)* ning *sis- va trans*-izomerlari.



X. 6-rasm. *Dixloro(bis)etilen-diaminkobalt(III)* ionining optik izomerlari (formular orasidagi uzlukli vertikal chiziq ko'zga tekisligini bildiradi). Molekulalar-ning ikkita optik izomerlari bir-biri ustiga tushmaydigan ko'zgudagi aksi bo'ladi.

2. *Ko'zgu izomeriya* eng kamida ikkita bidentat ligandga (masalan, En, oksalat kislota anioni, aminokislotalar va shularga o'xshashlar) ega bo'lgan oktaedrik va tetraedrik birikmalarga xos bo'ladi.

Misol tariqasida  $[\text{Co}(\text{En})_2\text{Cl}_2]\text{Cl}$  (dixlorobisetilendiamin) kobalt(III) xloridni ko'rib chiqamiz.

X.6-rasmda keltirilgan ko'zgu izomerlar biri ikkinchisiga ko'zgudagi aksi kabi bo'ladi:

Bu rasmdagi *En* yoyi bidentat ligand.

Bunday izomerlarda kimyoviy farq yo'q, ular faqat qutblangan nur oqimining tebranish tekisligini turli tomonga buradi, bunday moddalar ikki xil asimmetrik kristallar hosil qilib kristallanadi, ular kristallarini bir-biridan mexanik usulda ajratish mumkin.

3. *Ionlanish izomeriyasi* birikmadagi ichki va tashqi sferadagi ionlar o'zaro o'rin almashinishi natijasida yuzaga kelib chiqadi.

Masalan,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$  va  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$  larni birinchisining eritmasi  $\text{Ba}^{2+}$  ioni tutgan modda eritmasi bilan aralashtirilganda  $\text{BaSO}_4$  cho'kmasi, ikkinchisi esa kumush nitrat bilan oq cho'kma hosil qiladi. Bu moddalarning eruvchanligi, ular kristallarining rangi va kimyoviy xossalari- rida farq kuzatiladi.

4. *Koordinatsion izomeriya* kation va anion tabiatli ichki sferalardan tashkil topgan birikmalarda kuzatiladi. Masalan, tarkibi  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  va  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  bo'lgan to'yingan eritmalarini aralashtirilganda  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$  tarkibli birikmani cho'kma holida (uning eruvchanligi boshlang'ich moddalarnikidan kichik bo'lishi sababli) ajratib olish mumkin. Unga izomer bo'lgan  $[\text{CuCl}_4][\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]$  birikma mavjud.

5. *Gidrat izomeriya* ichki va tashqi sferada suv molekularlarining turlicha taqsimlanishi natijasida yuzaga kelib chiqadi. Masalan, ko'k-binafsha rangli  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  dan to'q-yashil rangli  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  va undan och-yashil rangli  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ga o'tishda moddalarning faqat ranglarigina emas, ular dissotsilanganda hosil bo'ladigan koordinatsion ionlar zaryadi va dissotsilangan xlor ionlari miqdori turlicha bo'ladi.

6. *Koordinatsion polimeriyaga* misol sifatida *sis-* va *trans-*izomerlarga ega bo'lgan  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  uchun uning dimerlari  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}][\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]$  va trimer  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]_2 \cdot [\text{PtCl}_4]$  larni keltirish mumkin.

7. *Tuz izomeriyasi* ichki sferadagi murakkab ligandlar bir-biridan farq qiluvchi donor atomlari orqali markaziy atom bilan koordinatsiyalangan hollarda kuzatiladi.

Masalan,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2](\text{NO}_3)_2$  (ksantotuz) va  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{ONO}](\text{NO}_3)_2$  (izokxantotuz)larda ligand markaziy atomga  $\text{ONO}^-$  dagi kislorod atomi orqali, yoki  $\text{NO}_2^-$  da azot atomi orqali birikkan bo'lishi natijasida xossalari turlicha bo'lgan birikmalar hosil bo'lishi aniqlangan.

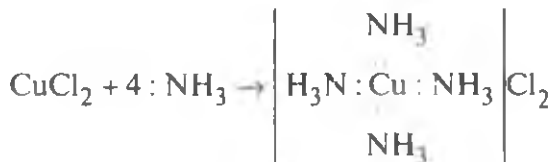
8. *Elektron izomeriya* tarkibi bir xil bo'lgan birikmalarda markaziy atomning oksidlanish darajasi farq qilishi natijasida moddalar xossasi ham turlicha bo'ladi. Tarkibi  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}]\text{Cl}_2$  bo'lgan ikkita birikma — biri paramagnit xususiyatga ega bo'lib, rangi qora tusli, ikkinchisi esa qizil rangli diamagnit xususiyatga ega.

#### **X 4. Koordinatsion birikmalarda kimyoviy bog'lanish tabiati**

Koordinatsion birikmalar tadqiqoti rivojlanishi davomida undagi bog'lanish tabiatini bir necha nazariy holatlar asosida tushuntirish bosqichlari shakllangan. Ilk nazariyalardan biri *valent bog'lanish metodi* (VBM) bo'yicha markaziy atom va ligandlar orasidagi bog'lar tabiati kovalent xususiyatga ega bo'lib, ligandning *taqsimlanmagan* elektron juftlari markaziy atomning *vakant* orbitallari hisobiga *donor-akseptor* bog' hosil bo'ladi. Li-

gandlarning ko'pchiligida shunday taqsimlanmagan elektron juftlar mavjud. Masalan, tetraaminmis(II) xloridning elektron tuzilishini quyidagicha tasavvur etish mumkin.

Hosil bo'lgan bog'lanishlarni ko'pincha *koordinatsion bog'* deb ham ataladi. L. Poling fikri bo'yicha markaziy atomning bog'lanishi uchun taqdim etgan vakant orbitallari ishtirokida gibridlangan orbitallar xillariga qarab turli geometrik tuzilishiga ega bo'lgan kompleks ionlar yoki neytral zarrachalar hosil bo'ladi.



Koordinatsion son qiymati ortgan sari bunday gibridlanishlarni amalga oshirishda qatnashuvchi orbitallar soni va markaziy atomni qurshab turuvchi ligandlar soni ham ortib boradi.

Koordinatsion son *ikkiga* teng bo'lganda *sp*-gibridlangan vaziyat yuz beradi. Masalan,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$  va boshqa shunday ionlardagi uchala zarracha bitta to'g'ri chiziq ustida joylashadi. Markaziy atom qurshovida joylashgan ligandlar markazga nisbatan qanday vaziyatni egallashi, ayni molekulani yoki ionni hosil qilishda qatnashgan zarrachalar va orbitallar soni asosida oson aniqlanadi va ularning ko'pchilik holatlari sizga ma'lum bo'lgan *s*- va *p*-orbitallar qatnashgan va-ziyatlar orqali amalga oshadi.

Masalan, bog' hosil qilishda bitta *s*- va 3 ta *p*-orbitallar qatnashsa tetraedr shaklga ega bo'lgan  $\text{NH}_4^+$ ,  $[\text{AlI}_4]^-$ ,  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$  kabi ionlar, agar bittadan *d*-, *s*- hamda ikkita *p*-orbitallar qatnashgan holat bo'lsa, ularni hosil qilgan to'rt orbitalli markaziy atom tekis kvadrat cho'qqilarida joylashgan ligandlar bilan qurshalgan bo'ladi:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  ionlari shular jumlasidandir. Agar bog'larni hosil qilishda bitta *s*-, uchta *p*- va ikkita *d*-vakant orbitallar qatnashsa, ligandlar markaziy atom atrofida oktaedr cho'qqilarida joylashgan va simmetriyasi yuqori bo'lgan geometrik shaklni — oktaedrnı hosil qiladi.

Koordinatsiyada qatnashuvchi ligandlar elektron bulutining zichligi katta yoki kichik bo'lishiga qarab, markaziy atomning *d*-pog'onachasidagi elektronlari turli holatlarda bo'lishi mumkin. Elektronlarning vaziyati koordinatsion birikmaning turg'unligi va magnit xossasi turlicha bo'lishiga ligandlarning hosil qiladigan maydon kuchi katta ahamiyatga ega.



VBM koordinatsion birikmalarning geometrik tuzilishini, ularning tashqi magnit maydoniga bo'ladigan munosabatini va nisbiy turg'unligini tushuntirsa ham, ularning optik xossalari va turg'unligini hisoblash imkoniyatlariga ega emas.

XX asrning o'rtalarida anorganik kimyo fanining nazariy asoslari rivojlanishi natijasida shakllangan kristall maydon nazariyasi va molekular orbitallar metodining bir ko'rinishi ligand maydon nazariyasi koordinatsion birikmalarning barcha xossalari tushuntirishda muhim yutuqlarga erishdi.

## **X 5. Koordinatsion birikmalar ahamiyati**

Koordinatsion birikmalarning miqdori Sizga tanish bo'lgan organik va anorganik tabiatga ega bo'lgan moddalarning soniga qaraganda bir necha ming marta ko'proqdir, ularni yangi-yangi turlarini sintez qilish imkoniyatlari cheklanmagan. Ularning hayot uchun va xalq xo'jaligidagi ahamiyati juda katta. Temir(II) ionining tirik organizmlarda kislorod tashuvchi qizil qon tanachasi tarkibiga kirishi, yashil o'simliklardagi *xlorofill* tarkibini tashkil etishda qatnashadigan magniy ionining ahamiyati sizlarga ma'lum.

Organizmدا sodir bo'ladigan jarayonlarda qatnashuvchi *biologik katalizatorlar (fermentlar)ning ion kofaktorlarini* keltirib chiqarishda turli metall ionlarining roli juda ham katta.

Quyida koordinatsion birikmalar hosil bo'lishi yoki ularning ishtirokida amalga oshadigan jarayonlarni sanab o'tamiz:

— fotografiya jarayonida fotoplyonka va fotoqog'ozlarning jelatina qatlamidagi kumush galogenidlarini eritmaga o'tkazishda;

*Azizov Mannon Azizovich (1913—1987) O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan arbobi. O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan ixtirochi. M. A. Azizov yaratgan ilmiy maktab olimlari yangi koordinatsion birikmalarni olish usullarini ishlab chiqish va ular orasidan yangi fiziologik faol moddalarni yaratish ustida ish olib borishdi. Hozirgi kunda Koamid, Kobalt-30, Feramid, Kupir preparatlari qon kasalligi (anemiya), sil va boshqa kasalliklarga qarshi qo'llanilmoqda.*

*Shu ilmiy maktab olimlari kelajakda yangi-yangi dorivor koordinatsion birikmalar hosil qilish ustida izlanishlarni davom ettirishmoqda.*

*Parpiyev Nusrat Ag'zamovich (1931-yilda tavallud topgan), 1995-yilda O'zRFAning haqiqiy a'zosi, mamlakatimizda anorganik kimyo fanining koordinatsion birikmalar sohasida ilmiy-tadqiqot olib boruvchi kimyogarlar maktabini yaratdi. Izdoshlari bilan birga ko'pgina oraliq metallarning mingdan ortiq yangi koordinatsion birikmalar sintezini amalga oshirdi. Ularning tuzilishini, fizik-kimyoviy xossalari, biologik xususiyatlarini, turli reaksiyalarda katalizator bo'lish imkoniyatlarini o'rganish kabi amaliy xossalari aniqlash ustida izlanishlar olib bormoqda.*

— «qattiq» suvlarni yumshatish uchun kalsiy va magniy ionlarini bog'lash maqsadida turli komplekslar qo'llanadi;

— alkenlarni alkanlargacha gidrogenlashda, dikarbon kislotalarni dekarboksillashda, alkenlarni polimerlashda (masalan, etilenni polimerlashda Sigler-Natt katalizatori  $TiCl_4 \cdot Al(CH_3)_3$ , turli metallar qo'llanadi. Ular reaksiyaga qatnashuvchi boshlang'ich moddalar bilan oraliq aktiv komplekslar hosil qilishadi;

— atsetilenni sirka aldegidga aylantirishda, alkenlarni va alkanlarni izomerlashda, ketonlarni va vinil efirlarni olishda Ru, Rh, Co, Pt, Pd, Hg va boshqa ko'plab metallarning aktiv birikmalari qo'llanadi;

— dorivor moddalar — vitamin  $B_{12}$ , kobaltamin, sitoxrom C, temir(III) ionining glitserofosfati, temir(II) ionining laktati, feramid, ferrotseron, koamid, oltin ionini tutgan birikma *krizanol* va boshqa ko'pgina birikmalarning tibbiy ahamiyati juda katta;

— analitik maqsadlarda ko'pchilik kimyoviy elementlar miqdorini kolorimetrik usulda aniqlashda;

— bo'yoq moddalar tayyorlashda;

— metallarni bir-biridan ajratishda va ularni yuqori darajada toza holda (VIII gruppadagi nodir metallar, lantanoidlar, oltin, kumush va boshqa metallar) olishda;

— galvanoplastika va galvanostegiyada ishlatiladi.

Koordinatsion birikmalarning kimyoviy xossalari oddiy birikmalarnikiga qaraganda tubdan farq qilishi quyidagilar bilan bog'liq:

— faqat bitta metall ionining turli valentlik holatlari uchun ko'pdan-ko'p ligandlar bilan hosil qilgan birikmalarining tarkibi turli-tuman bo'lishi natijasida koordinatsion birikmalar sonini cheklab bo'lmaydi;

— oddiy moddalarnikiga qaraganda ularning geometrik tuzilishi murakkabroq bo'ladi;

— zarrachalar geometriyasi modda tarkibiga qarab o'zgaradi;

— koordinatsion ion turg'unligi markaziy atom va ligandlar xususiyati bilan murakkab qonuniyatlar orqali bog'langan bo'lib, ionning magnit va optik xossalari uning tarkibi va geometrik xossasiga qarab o'zgarib turadi;

— oddiy ionning xususiyati undan hosil qilingan koordinatsion birikmalaridan keskin farq qiladi;

— koordinatsion ionlarda izomeriya hodisasi keng tarqalgan;

— markaziy atomga birikkan ligandlar erituvchi molekulalari yoki boshqa molekulalar bilan tez (tabil birikmalar) yoki sekin (inert komplekslar) almashinishi mumkin;

— markaziy atom sifatida faqat metall (*s*-, *p*-, *d*- va *f*-orbitalli) ioni bo'lib qolmasdan, ular valentligi nolga teng bo'lgan metallar (masalan, dibenzolxrom,  $\text{Cr}(\text{CO})_6$  xromgeksakarbonil,  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$  — nikeltetrakarbonil va boshqalar), oksidlanish darajalari manfiy ( $\text{NH}_4^+$  da -3 ga teng), musbat ( $\text{SO}_4^{2-}$  da  $\text{S}^{+6}$ ,  $\text{PF}_6^-$  da  $\text{P}^{+5}$ ) qiymatlariga ega bo'lgan metallmaslar ham bo'ladi;

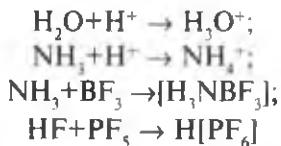
— ligandlar sifatida neytral molekular, manfiy zaryadli kislota qoldiqlar anionlari ( $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{O}_2^{2-}$ ,  $\text{H}^-$ ), musbat zaryadli ( $\text{NH}_4^+$ ) yoki vodorod ionlari ( $\text{H}^+$ ) bo'lishi mumkin;

— koordinatsion birikma hosil qilishda faqat yagona markaziy atom emas, balki 2 ta yoki undan ham ko'proq atomlar ham qatnashgan (poliyadroli birikmalar) bo'lishi ko'p kuzatiladi.

### Savol va topshiriqlar

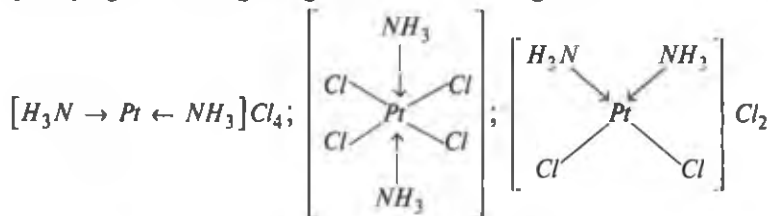


#### 1. Quyidagi jarayonlar



uchun umumiy bo'lgan bog'larning turini aniqlang.

- Quyidagi sxemalarning qaysi biri to'g'ri:  $\text{H}_3\text{N} \rightarrow \text{OH}_2$  (donor-akseptor bog' turi), yoki  $\text{H}_2\text{N} - \text{H} \dots \text{OH}_2$  (vodorod bog'lanish), yoxud  $\text{H}_3\text{N}:\text{HOH}$  (donor-akseptor bog')?
- Aluminiy florid kaliy florid bilan  $\text{K}_3[\text{AlF}_6]$ , aluminiy yodid kaliy yodid bilan  $\text{K}[\text{AlI}_4]$  birikmalarni hosil qiladi. Bu holatni qanday tushuntirish mumkin?
- Suvsiz sharoitda xrom(III) xlorid ammiak bilan ikki xil birikma  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$  va  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ni hosil qiladi. Ulardan birining suvli eritmasida 1 mol tuz 3 mol kumush nitrat bilan to'la almashinish reaksiyasida, ikkinchisi bilan kumush nitrat esa mol nisbatlari 1 : 2 ga teng bo'lgan tartibda reaksiyada qatnashadi. Bu holatni qanday izohlash mumkin?
- Quyida keltirilgan rasmdagi struktur formulalardan qaysi biri tarkibi  $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4$  bo'lgan, suvli eritmada kumush nitrat ta'sirida cho'kma hosil qilmaydigan moddaga to'g'ri kelishini tanlang.



### XI 1. Metallarning kimyoviy xossalari

Ko'pchilik metallarning valent pog'onasidagi *s*-elektronlar soni 1 yoki 2 ta bo'lib, ular atom yadrosi bilan zaif bog'langan. Shu sababli ularning ionlanish potentsiali kichik bo'ladi, shu bilan birga, ular uchun elektronga moyillik juda ham kichik, ko'pchilik metallar uchun bu qiymat manfiy katalikka ega. Shu sababli metallar kimyoviy reaksiyalarda elektron donori (qaytaruvchi), birikmalarda ko'pincha (eritmalarda) musbat zaryadlangan kationlar holida bo'ladi. Yuqori zaryadli metallar ionlari manfiy zaryadli zarrachalar qurshovini hosil qilganda (masalan,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  va boshqalar) barqaror vaziyatga o'tadi.

Qisman metallmaslik xossalarga ega bo'lgan metallarda bunday qurshov hosil qilgan zarrachalar (masalan, Sn, Sb, Po gidridlari) ko'pincha kovalent xususiyatli bog'larga ega bo'ladi.

Metallarning kimyoviy xossalari eng muhimi ularning oksidlanishga bo'lgan munosabati juda keng chegarada o'zgaradi. Ko'pchilik metallar havo kislorodi ta'sirida odatdagi uy temperaturasidayoq oksidlanadi, lekin bu jarayon tezligi va reaksiya mahsulotlari ham turlicha bo'lishi mumkin. Ishqoriy metallardan faqat litiy oddiy oksid  $\text{Li}_2\text{O}$  ni hosil qilsa, natriy oksidlanganda peroksid  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , kaliy, rubidiy va sezilyar oksidlanganda superoksidlar —  $\text{Me}_2\text{O}_4$  hosil bo'ladi.

Metallarni oksidlanishdan saqlaydigan oksid pardalarining xossasi — oksidning molyar hajmi metallning molyar hajmiga nisbati  $V(\text{oksid})/V(\text{metall})$  1 dan katta bo'lsa, uning zichligi tufayli oksid parda mustahkam bo'ladi, metallning bunday pardasi yaxlit, g'ovaksiz bo'lishi hisobiga uning ichki qatlamlarida kislorodning diffuziyasi yuz bermaydi. Bunday xossa Al, Ti va xrom metallarining aktivligi yaxshi bo'lishiga qaramay, ular havoda barqarorligi hammaga ma'lum. Metall oksidning metall yuzasi bilan bog'lanib turishi yaxshi bo'lmasligi yuqoridagi nisbat birdan kichik bo'lganda metallarni oksidlanishdan saqlash qiyin bo'ladi. Havo tarkibidagi azot bilan litiy oson reaksiyaga kirishib nitrid  $\text{Li}_3\text{N}$  ni hosil qiladi. Magniy, sirkoniy, gafniy, titanlar azot bilan qizdirilganda reaksiyaga kirisha oladi.

Ko'pchilik metallar vodorod, galogenlar va xalkogenlar (oltingugurt, selen va tellurlar) bilan reaksiyada qatnasha oladilar.

Metallarning standart elektrod potentsiallari qiymati — 0,413V dan manfiyroq bo'lsa, ular suv bilan ta'sirlashib vodorod ajratib chiqaradi. Ishqoriy va ishqoriy-yer metallari suv bilan juda oson reaksiyaga kirishadi, lekin rux va temir kabi metallar suv bug'i bilan yuqori temperaturalaridagina sezilarli darajada reaksiyaga kirishadi.

Ishqorlar eritmaları bilan gidroksokomplekslar  $[Me(OH)_n]^{(m-n)-}$  hosil qiladigan, oksidlari amfoter xususiyatga ega bo'lgan metallar (Be, Zn, Al, Ga, Sn) ta'sirlashadi va reaksiyada vodorod ajralib chiqadi. Kremniy ham shunday xususiyatga ega:



Metallar bilan kislotalar eritmaları orasidagi ta'sirlashuv, standart elektrod potentsiallari manfiy bo'lgan, ya'ni elektrkimyoviy kuchlanish qatorida vodoroddan oldin joylashgan metallar uchun xosdir. Shu sababli bunday jarayon oksidlovchi xossaga ega bo'lmagan (xlorid va sulfat) kislotalar ta'sirida oson amalga oshadi. Oksidlanish darajalari past bo'ladigan metallar bunday reaksiyalarda kation holiga o'tadi (masalan, rux), agar metall ionlari uchun yuqori oksidlanish holati turg'un bo'lsa, unda metall oksidlovchi kislotalarda eriganda anion tarkibiga o'tadi, masalan:



Suyultirilgan nitrat kislotalar metallarni oson oksidlay oladi, lekin konsentrlangan kislotalar ba'zi metallarni passivlashtiradi.

Standart elektrod potentsiali yuqori musbat qiymatga ega bo'lgan metallar — Pt va Au larni eritmaga o'tkazish uchun oksidlovchi xossaga ega bo'lgan kislotalardan tashqari shu metallar ionlari bilan turg'un anion koordinatsion birikma hosil qilishda qatnashadigan ligand manbayi tutgan moddalar aralashmasi — «shoh arog'i» (yoki «zar suvi») konsentrlangan  $HNO_3$  va  $HCl$  (mol nisbatlari 1:3) yoki  $HNO_3$  va  $HF$  aralashmasi ishlatiladi.

Metallarning korroziyaga uchrashi haqida VIII. 10-qismga qarang.

Metallar uchun xos bo'lgan xususiyatlar orasida eng muhimi — ular kislorod bilan, asosan oksidlar hosil qiladi, ularning ba'zilari suvda eriganda, ba'zilari esa tuzlariga ishqorlar ta'sirida gidroksidlar hosil qiladi. Davriy sistemada asosiy gruppacha elementlari gidroksidlarining asoslik xossasi yuqoridan pastga tushish tartibida ortib boradi. Davrlar bo'ylab element tartib raqami ortib borganda gidroksidning asoslik xususiyati kamayib, gidroksidlari amfoter xususiyat orqali kislotali xossaga ega bo'lgan gidroksidlarning kislotali kuchi ortib boradi.

Bir necha oksidlanish darajasi mavjud bo'lgan metallarning oksid va gidroksidlarining asosli xossasi element oksidlanish darajasi ortib borganda kamayib boradi, oraliq hollardagi kislorodli birikmalarida amfoterlik orqali,

oksidlanish darajasi yuqorilashgan sari kislotali xususiyati kuchayib bora-di, masalan, marganesning oksidlarida bu holatni quyidagicha aks ettirish mumkin:

$\text{MnO}, \text{Mn}_2\text{O}_3,$	$\text{MnO}_2,$	$\text{MnO}_3, \text{Mn}_2\text{O}_7$
asosli xossaning ortib borishi	amfoter xossa	kislotali xossaning ortib borishi

## XI 2. I grupp metallari

Bu elementlar ikkita gruppachalardan IA — ishqoriy va IB — mis gruppachasi metallariga taqsimlanadi. IA gruppacha metallarining valent pog'onasi va ulardan oldingi pog'onasi 8,1 strukturaga ega (Li da esa  $1s^2 2s^1$  bo'ladi va bu vaziyat litiyning boshqa ishqoriy metallardan farq qilishiga olib keladi).

Bu elementlarning ishqoriy metall deb atalishi ularning kimyosidagi xarakterli xususiyatni aks ettiradi. Ularning valent pog'onasidagi yagona  $ns^1$  elektroni yadro bilan boshqa ma'lum bo'lgan elementlarnikiga nisbatan zaif bog'langan va ular barcha birikmalarida +I bo'lgan oksidlanish darajasini namoyon qiladi.

IB gruppacha Cu—Ag—Au larda ham tashqi valent pog'onasi  $ns^1$  bo'lsa ham, undan oldingi pog'onada 18 ta elektron bo'lib, ularning bir nechtasi valent elektronlar vazifasini bajaradi, shu sababli ularning maksimal valentligi grupp tartib raqamidan katta bo'ladi.

XI. 1-jadval

Ishqoriy metallar va mis gruppachalaridagi element atomlarining ba'zi fizik xossalari

Element	Tartib raqami	Atom radiusi, nm	Ion radiusi, nm	Ionlanish energiyasi, eV	Element	Tartib raqami	Atom radiusi, nm	Ion radiusi, nm	Ionlanish energiyasi, eV
Li	3	0,155	0,066	5,390	—	—	—	—	—
Na	11	0,189	0,095	5,138	—	—	—	—	—
K	19	0,236	0,133	4,339	Cu	29	0,1278	+1 0,098 +2 0,073	7,72
Rb	37	0,248	0,148	4,176	Ag	47	0,1445	+1 0,113	7,57
Cs	55	0,268	0,169	3,893	Au	79	0,1442	+1 0,137	9,22

Jadvaldan ko'rinishicha, valent elektronlarining yadro bilan bog'lanishi boshqa barcha metallarnikiga qaraganda kichkina.

**Tabiiy birikmalari.** Metallarning aktivligi tufayli ular tabiatda faqat birikmalar holida uchraydi. Ular orasida natriy va kaliy eng ko'p tarqalgan. Ahamiyatli minerallari:

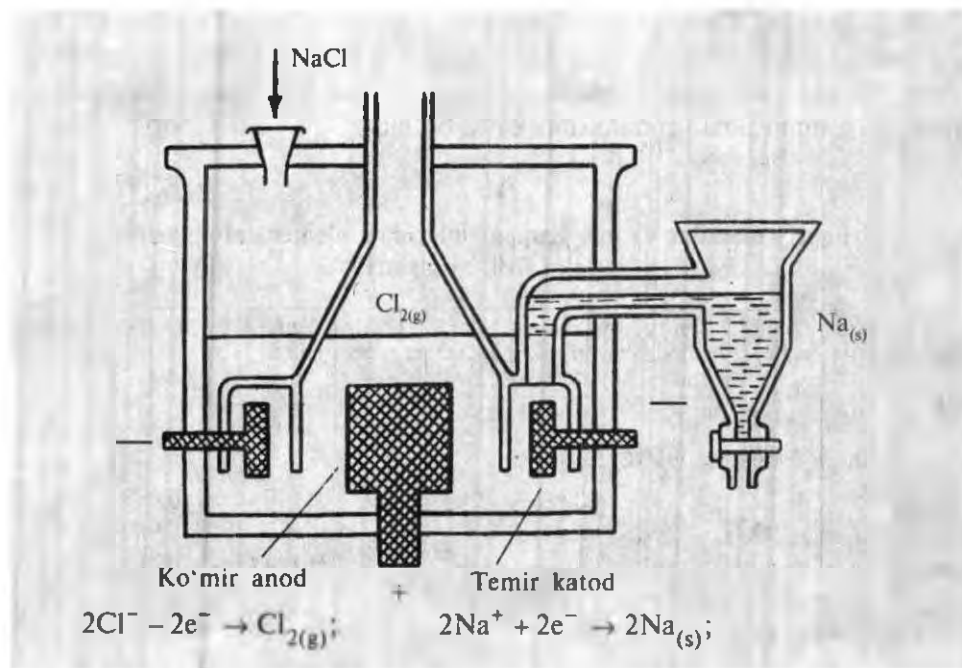
$\text{NaCl}$  — osh tuzi,  $n\text{NaCl} \cdot m\text{KCl}$  — silvinit,  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  — karnallit,  $\text{LiAl}(\text{SO}_4)_2$  — spodumen,  $\text{Li}_2\text{KAl}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{F}, \text{H}_2\text{O})_2]$  — lepidolit,  $\text{CsAl}(\text{SiO}_3)_2$  — pollusit va boshqalar. Rubidiy va seziiy birikmalari tarqoq holda bo'lib, ular ko'pincha kaliy birikmalariga qo'shimcha sifatida uchraydi.

Shu gruppacha metallari ular xloridlarining suyuqlanmalarini elektroliz qilib olinadi (XI. 1-rasm).

Ishqoriy metallar elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ular nisbatan past temperaturada suyuqlanadi, havoda juda oson oksidlanadi (seziiy havoda juda aktiv reaksiyaga kirishib portlaydi). Ular kerosin ostida saqlanadi.

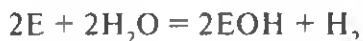
Metall holda natriy va kaliy ko'p jihatdan o'xshash bo'lsa ham, kaliyning aktivligi yaqqol sezilarli.

Li dan Cs gacha metallik xususiyat kuchayib boradi, ularning kimyoviy xususiyati kuchli qaytaruvchiligi bilan bog'langan.



XI. 1-rasm. Osh tuzi eritmasini elektroliz qilish uskunasi.

Bu metallar suv bilan reaksiyasida Li va Na da vodorod ajralib chiqishida alanga hosil qilmay, K reaksiyasida alanga hosil bo'ladi, Rb va Cs larning reaksiyasida esa portlash hodisasi yuz beradi:



Metallarning yangi yuzasi havoda oson xira holga o'tadi, metall yuzasi oksidlanish mahsulotlari — litiyda oksid, qolganlarida metall peroksidlari bilan qoplanadi.

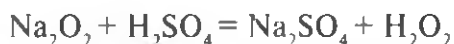
Qizdirilgan holda Na va K alanganadi, qolgan ikkitasi xona temperaturasida alanganib ketadi.

Xlor barcha metallar bilan alanga hosil qilib reaksiyaga kirishadi, suyuq holdagi brom reaksiyasida yuqoridan pastga tushgan sariktivlik kuchayadi (agar Li va Na brom bilan faqat yuza qatlamigina oksidlansa, qolgan uchasi esa portlash bilan reaksiyaga kirishadi). Yod bilan reaksiya ancha sust darajada sodir bo'ladi.

Erkin holdagi *oltingugurt* ham galogenlar kabi aktiv reaksiyaga kirishadi (mahsulot  $E_2S$  formulaga ega bo'ladi), vodorod bilan ion tabiatli gidridlar  $EH$  hosil bo'ladi.

Havo *azoti* bilan faqat Li reaksiyaga kirishib  $Li_3N$ , uglerod bilan karbid —  $Li_2C_2$  (faqat qizdirilgandagina) hosil qiladi.

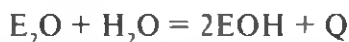
*Kislorod* bilan bu metallar oksidlar —  $Na_2O$ ,  $K_2O$  yoki peroksidlar  $Na_2O_2$  va  $K_2O_2$  hosil qiladi, kaliy yana bir peroksid *superoksid*  $KO_2$  yoki  $K_2O_4$  ni hosil qiladi. Peroksidlar vodorod peroksidning tuzi ekanligini quyidagi reaksiyada ko'rish mumkin:



Superoksid shu reaksiyada erkin holdagi kislorodni ham hosil qiladi:



*Ishqoriy metallar gidroksidlari* tegishli oksidlarning suv bilan reaksiyasi asosida olinadi:



Bu gidroksidlar suvda yaxshi dissotsilanadi, shu sababli ularni eng kuchli ishqorlar deb ham yuritiladi. Ular orasida eng ko'p ishlatiladigani  $NaOH$  *o'yuvchi natriy*, ba'zan uni texnik nomi *kaustik soda* deb ham ataladi.  $NaOH$  va  $KON$  ko'p miqdorda osh tuzi yoki  $KCl$  ning suvli eritmalarini elektroliz qilib olinadi:





Ishqoriy metallarning *muhim birikmalaridan* quyidagilar ishlatiladi:

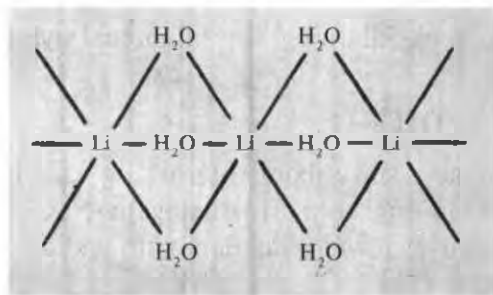
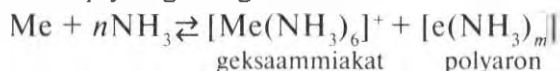
— galogenli birikmalari EGal tarkibida kristallizatsion suv tutmaydigan birikmalardir. Osh tuzi NaCl ning amaliy ahamiyati katta, KCl esa kaliyli o'g'it sifatida ishlatiladi.

O'simliklarning fotosintez jarayonini amalga oshirishda, ayniqsa qand lavlagisining bu xususiyati kaliyli o'g'itga sezgir bo'ladi. Shunday o'g'itlar sifatida tabiiy tuzlar: silvin (KCl), silvinit, kainit ( $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ) va boshqa tarkibida kaliy tuzlari bo'lgan birikmalar va ular aralashmasi ishlatiladi.

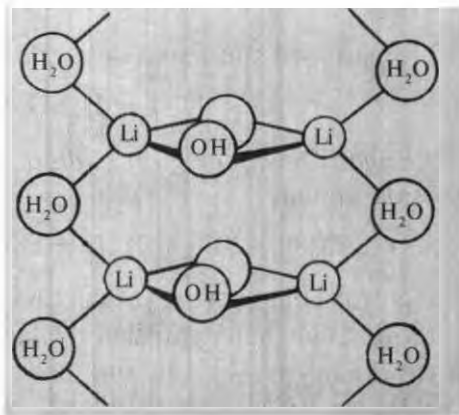
Ishqoriy metallarning galogenidlari (nisbatan oson) alanga ta'sirida bug'lanib elektromagnit to'lqinlarining ko'zga ko'rinadigan sohasida turli tusdagi alangalar hosil qilishidan foydalanib, ular sifat reaksiyasini bajarishi mumkin. Masalan, litiy tuzlari rangsiz alangani qizil-binafsha, natriy tuzlari sariq, kaliyli tuzlari binafsha, rubidiy—qizil, seziiy esa binafsha tusga bo'yyadi. Sulfatlari nordon ( $EHSO_4$ ) va o'rta ( $E_2SO_4$ ) tuzlar holida ma'lum. Ulardan mirabilit yoki glauber tuzi  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ , suvsiz natriy sulfat holida ham keng tarqalgan; ularning suvda eruvchanligi yaxshi.

Ishqoriy metallar *nitratlari* suvda juda yaxshi eriydigan tuzlar; faqat litiy nitrat turli kristallgidratlar hosil qiladi —  $2LiNO_3 \cdot H_2O$ ,  $LiNO_3 \cdot 3H_2O$ .

Ishqoriy metallar ionlari koordinatsion birikmalar hosil qilishda markaziy atom vazifasini bajarishi mumkin, bunday birikmalar toifasiga litiy perxloratining trigidratini (XI. 4-rasm) litiy gidroksidning gidratini (XI. 5-rasm), ishqoriy metallarning suyuqlantirilgan ammiakdagi eritmasi ko'k rangga ega bo'lishini quyidagi tenglama asosida ifodalash mumkin:



XI. 2-rasm. Litiy perxloratining trigidratida markaziy ion va suv molekularining fazoviy joylashishi.

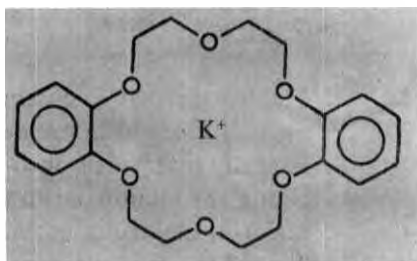


XI. 3-rasm. Litiy gidroksid gidrati  $LiOH \cdot H_2O$  da markaziy ion  $Li^+$  ning tetraedr qurshovi.

Bu reaksiya Na bilan sekin borsa, Cz bilan juda tez amalga oshadi.

Politsiklik efirlar, masalan, dibenzo-18-kraun-6 ishqoriy metall ionini mustahkam bog'lash xususiyatiga ega (XI. 4-rasm).

**Ishlatilishi.** *Gidroksidlar* ishqoriy akkumulatorlar uchun elektrolit tayyorlashda, sovun, bo'yoq moddalar, sellyuloza ishlab chiqarishda, kir yuvish sodasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  — potash, ichimlik soda  $\text{NaHCO}_3$ , (uy xo'jaligida), natriyli selitra (o'g'it sifatida),  $\text{KNO}_3$  va  $\text{KClO}_3$  (Bertolle tuzi) mushakbozlikda, elektr tokining qattiq elektrolitli xususiy manbayi sifatida (katta sig'imli va 6,2 V kuchlanishli), fotoelementlar (rubidiy va seziiy), raketa dvigatellarida ion plazmasini hosil qilishda oson ionlanadigan metallar manbayi sifatida ishlatish ko'zda tutiladi.



XI. 4-rasm. *Sim-dibenzo-8-kraun-6 ning ba'zi ishqoriy metallar ionlari bilan hosil qilgan koordinatsion birikmasining sxemasi.*

**Litiy va magniy elementlarining o'xshashliklari.** Asosiy gruppacha elementlarining yuqoridan pastga tushish tartibida metallik xossalarning va atom radiuslarining ortib borishi hamda elementlarning davr bo'ylab tartib raqamining ortib borishida metallmasligi kuchayib, radiusi kamayib borishi natijasida jadvalning chap tomondan o'ngga va yuqoridan pastga yo'nalgan diagonalida joylashgan qo'shni elementlar xossalari ko'p jihatdan o'xshashlik kuzatiladi. Shu vaziyatni IA va IIA gruppacha elementlari litiy va magniy misolida ko'rib o'tamiz.

Litiy va magniy ionlarining zaryad zichliklari  $\rho(\text{Li}^+) = 17$  va  $\rho(\text{Mg}^{2+}) = 31 \text{ nm}^{-1}$  ga teng. 3-davrdagi  $\text{Na}^+$  va  $\text{Mg}^{2+}$  (qo'shni grupp elementlari) uchun bu kattalik  $\rho(\text{Na}^+) = 10$  ga teng, bu qiymat litiydan 1,7 marta kichikligi  $\text{Na}^+$  va  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari xossalari o'xshashlik yo'qligining asosi bo'ladi. Li va  $\text{Mg}^{2+}$  xossalari umumiy o'xshashlik  $\text{Li}^+$  va  $\text{Na}^+$  orasidagi o'xshashlikdan ko'ra kuchliroq bo'ladi. Shunday vaziyatni Be—Al, B va Si hamda S va R elementlar birikmalarini taqqoslanganda kuzatish mumkin.

Li va Mg elementlari uchun xos bo'lgan umumiy xossalarni sanab o'tamiz:

— ikkala element alkil- va aril radikal tutgan metall-organik ( $\text{R—Li}$  va  $\text{MgRX}$  kabi) birikmalar hosil qilishi ma'lum;

— litiy boshqa ishqoriy metallardan farq qilib, xuddi magniy kabi to'g'ridan-to'g'ri azot bilan birikib  $\text{Li}_3\text{N}$  va  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  nitridlarni hosil qiladi.

- ?
1. Elektrokimyoviy kuchlanish qatorida litiy holati va uning davriy sistemadagi o'rni orasidagi anomaliyasini tushuntiring.
  2. Ishqoriy metallarni olish jarayonida odatda ular xloridi yoki gidroksidlarining suyuqlanmalarini elektroliz qilinadi. Lekin ularning suvdagi eritmalarini elektroliz qilib ham olish mumkin. Siz bu to'g'rida nimalarni bilasiz?
  3. Metallar gidroksidlarining ba'zilarini ishqorlar deb atalsa, ba'zilarini esa ishqorlar turiga kiritilmaydi. Buning sababini qanday tushuntirasiz?
  4. Natriy ishqor eritmasi orqali xlor, vodorod xlorid, vodorod sulfid va uglerod(IV) oksid gazlari o'tkazilganda har bir holatda hosil bo'ladigan moddalar (molekulalar, ionlar) formulalarini va nomlarini yozing.
  5. Osh tuzi kristallarini yuqori temperaturagacha qizdirilganda (masalan, paxta moyi dog' etilganda unga tashlangan osh tuzi) tovush chiqarib maydalanishini qanday tushuntirasiz?
  6. Quyidagi zarrachalardan qaysi biri mavjud bo'lishi mumkin:  $H_2^+$ ,  $H_2^{2+}$ ,  $H_2^-$ ,  $H_2$ ,  $H_3^+$ ,  $H_3^-$ ,  $He_2^+$ ,  $He_2$ ,  $He_2^-$ ? Ular orasida izoelektronli zarrachalar bormi?
  7. Vodorod kationi suv bilan gidratlanganda  $H_3O^+$  ni hosil qilishi Sizga ma'lum. Shu zarracha — gidroksoniy kationidagi qaysi vodorod atomi suv molekulasiga kelib birikkan ekanligini ajratish mumkinmi? Uchala H—O bog'larning uzunligi, bog'lanish energiyalari bir-biridan farq qilishi to'g'risida nima deyish mumkin?
  8. Gidroksoniy kationi atrofida yana uchta suv molekulasida gidrat qobiqni hosil qiladi va tarkibi  $H_3O^+ \cdot 3H_2O$  yoki  $H_9O_4^+$  ga ega bo'lishi aniqlangan. Gidroksoniy kationining trigidрати uchun bu ikki formulalarning qaysi biri kimyoviy bog'lanish nuqtayi nazaridan to'g'ri bo'ladi?

### **XI 3. IB gruppacha metallari**

#### **Gruppacha metallariga umumiy xarakteristika**

Bu gruppachada 4—6-davrlarning *d*-elementlari mis, kumush va oltin joylashgan. Ularning elektron konfiguratsiyalari XV. 5 bo'limda keltirilgan. Bu elementlar metallarning elektrokimyoviy kuchlanish qatorida vodoroddan keyin joylashgan. Ularning ba'zi xossalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

## IB gruppacha metallarining ba'zi xossalari

Xossalari	Elementlar	Cu	Ag	Au
Atom radiusi, <i>nm</i>		0,128	0,144	0,144
Birinchi ionlanish energiyasi, <i>eV</i>		7,73	7,57	9,23
E <sup>+</sup> ion radiusi, <i>nm</i>		0,098	0,113	0,137
Zichligi, <i>g/sm<sup>3</sup></i>		8,96	10,5	19,3
Suyuqlanish temperaturasi, °C		1083	960,5	1063
Qaynash temperaturasi, °C		2543	2167	2880

Bu gruppacha elementlarining radiusi ishqoriy metallarnikidan kichik, shu sababli ularning zichligi va suyuqlanish temperaturasi, ionlanish potensiallari yuqori bo'ladi. Bu farqlar gruppacha metallarining passiv bo'lishini asoslaydi. Ular qiyin oksidlanadi, ionlari yaxshi oksidlovchi bo'ladi, suv bilan reaksiyaga kirishmaydi, gidroksidlari kuchsiz asosli xos-saga ega. Uchala element elektron konfiguratsiyalarida *ns*- pog'onachaning bitta elektroni (*n-1*)*d*- orbitaga ko'chishi hisobiga (*n-1*)*d<sup>n</sup>*- konfiguratsiya batamom barqaror bo'lib ulgurmagan. Shu sababli ularning bir necha va-lentlik holatlari ma'lum: mis uchun 1, 2 va 3; kumush uchun 1, 2, (3); oltin esa 1, 3 (ostiga chizilgan valentliklar barqaror, qavs ichidagisi — beqaror bo'ladi). Bundan ko'rinadiki, bu elementlar valentligi gruppaga tartib raqamidan katta bo'lar ekan.

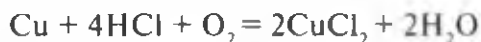
Tabiiy birikmalari: xalkozin (mis yaltirog'i)  $\text{Cu}_2\text{S}$ , xal-kopirit (mis kolchedani)  $\text{CuFeS}_2$  va malaxit  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ , argentit (kumush yaltirog'i)  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

Oltinning tabiiy birikmalari ma'lum emas, u tug'ma holdagina uchraydi.

Mis. Toza holdagi mis — cho'ziluvchan, oson yassilanuvchan, qizg'ish pushti rangli metall. Issiqlik va elektr tokini yaxshi o'tkazadi (bu xususiyati kumushnikidan keyin turadi), quruq havoda turg'un (yuza oksid qatlami turg'un), lekin nam havoda ko'k-yashil tusli mis gidroksokarbonat  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  qatlami bilan qoplanadi. 250—375 °C gacha qizdirilgan mis qora rangli  $\text{CuO}$  qatlami bilan qoplanadi, uning ichki qatlamida qizg'ish rangli mis(I) oksid qatlami hosil bo'lishi mumkin.

Mis kimyoviy jihatdan aktivligi kam bo'lgan metallar qatoridan o'rin olgan, lekin galogenlar bilan xona temperaturasida oson reaksiyaga kirishadi, ayniqsa, namlikda xlor bilan birikib  $\text{CuCl}_2$ , oltingugurt bilan birikib qora tusli  $\text{Cu}_2\text{S}$  ni hosil qiladi.

Suyultirilgan sulfat va xlorid kislota mis bilan reaksiyaga kirishmaydi, lekin kislorod ishtirokida mis oksidlanadi, masalan:



Konsentrlangan xlorid kislotalarda esa  $\text{Cu}^{2+}$  birikmasi emas,  $[\text{CuCl}_2]^-$  kompleks ioni hosil bo'lishi aniqlangan.

*Mis(I)* birikmalaridan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  va  $\text{Cu(I)}$  ga qaytaruvchi (glukoza, aldegidlar yoki boshqalar) ishtirokida qizdirib hosil qilish mumkin. Bu modda suvda deyarli erimaydi, ammiakning suvli eritmasida  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ , konsentrlangan  $\text{HCl}$  da  $\text{H}[\text{CuCl}_2]$  hosil qilib eriydi. *Mis(I)* ionlari rangsiz birikmalar hosil qiladi. *Mis(I)* sulfatni



reaksiyasida hosil qilish mumkin. Bu birikma namlik ta'sirida disproporsionalanish natijasida parchalanadi:



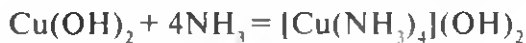
$\text{Cu}_2\text{SO}_4$  ammiak eritmasida barqaror birikma  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]_2\text{SO}_4$  ni hosil qiladi. Umuman,  $\text{Cu(I)}$  birikmalariga nisbatan *mis(II)* birikmalari keng tarqalgan.  $\text{CuO}$  misning qizdirilish mahsuloti, suvda erimaydigan qora rangli qattiq modda,  $1000^\circ\text{C}$  dan yuqorida  $\text{Cu}_2\text{O}$  va  $\text{O}_2$  ga parchalanadi. Kislotalarda oson eriydi va ko'k-yashil rangli tuzlari  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  eritmalarini, aniqrog'i, gidratlangan ionlarini hosil qiladi.

*Mis(II)* gidroksid  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ravshan ko'k rangli iviq cho'kma, qizdirilganda  $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$  reaksiyasi bo'yicha parchalanadi, kislotalar eritmalarida oson eriydi ( $\text{Cu}^{2+}$  tuzlarini hosil qiladi), mo'l miqdordagi ishqorlar eritmasida ko'k-binafsha rangli eritmaga o'tadi:



kislotali xususiyati zaifroq bo'lgan amfoter gidroksid xossasiga ega.

$\text{Cu}(\text{OH})_2$  ammoniy gidroksid eritmasida oson eriydi va tetragidroksomis(II) ravshan quyuq ko'k rangli eritma hosil qiladi:

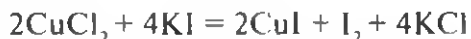


Bu eritma o'zida sellulozani eritish xususiyatiga ega.

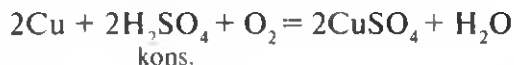
Misning boshqa birikmalaridan  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (yashil-zangori rangli kristallar), qizdirilganda ( $\sim 150^\circ\text{C}$ ) jigarrang  $\text{CuCl}_2$  hosil qiladi. Bu modda spirt eritmasida ham shu rangni saqlab qoladi (ularning fazoviy tuzilishi V. 12-qismda keltirilgan). Bu eritmani suv bilan suyultirilganda ko'k-zangori rangli gidratlangan  $\text{Cu}^{2+}$  ionlariga o'tishini kuzatish mumkin.  $\text{CuCl}_2$  ning konsentrlangan eritmasiga asta-sekin ammiak qo'shilsa

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_5]^{2+}$  va hatto  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  — geksammin birikmalari hosil bo'ladi.

$\text{CuBr}_2$  500 °C gacha turg'un, yuqoriroq temperaturada  $\text{CuBr}$  va  $\text{Br}_2$  ga parchalanadi.  $\text{CuJ}_2$  oddiy sharoitda turg'un emas, u hosil bo'lishidayoq  $\text{CuJ}$  va  $\text{J}_2$  ga parchalanadi:

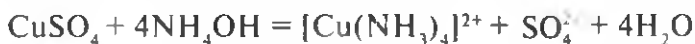


Mis(II) sulfatning pentagidрати  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (mis to'rtiyoyisi) ko'k rangli kristall modda, uni sanoat miqyosida quyidagi reaksiya asosida olinadi:



Bu modda 200—220 °C da qizdirilganda 4 ta suv molekulasini yo'qotadi va monogidratga aylanadi. Oxirgi suv molekulasini 300 °C gacha qizdirilganda ajralib, oq tusli  $\text{CuSO}_4$  hosil bo'ladi (4 ta  $\text{H}_2\text{O}$  mis ioni bilan bevosita bog'langan, beshinchi molekulasini esa  $\text{SO}_4$  anioni bilan vodorod bog'lar orqali bog'langan). XI. 5-rasmda uning fazoviy strukturasi keltirilgan.

Mis(II) sulfat ammiak eritmasida tetraamminmis(II) ioniga aylanadi:



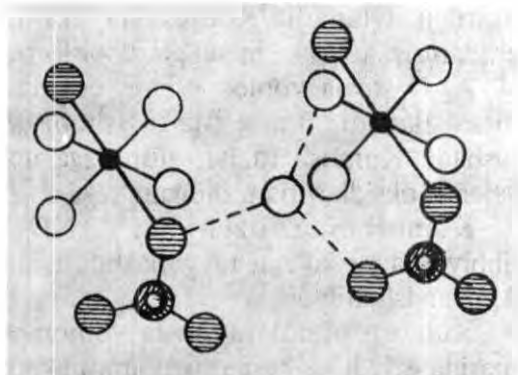
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ioni nisbatan barqaror birikma, unga ishqor eritmasi ta'sir ettirilganda  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  hosil bo'lmaydi, lekin  $\text{Na}_2\text{S}$  ta'sirida  $\text{CuS}$  — qora rangli cho'kma hosil bo'ladi. Bu tafovut  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ning eruvchanlik ko'paytmasi  $\text{CuS}$  nikidan katta ekanligini ko'rsatadi.

Misning oksidlanish darajasi +3 bo'lgan birikmalari olingan:



Bu modda 400 °C da  $\text{Cu}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{O}_2$  tenglama bo'yicha,  $\text{HCl}$  ta'sirida  $\text{CuCl}_2$  va  $\text{Cl}_2$  ga aylanadi, ya'ni juda kuchli oksidlovchi xossasiga ega bo'ladi.

XI. 5-rasm. Mis(II) sulfat pentagidрати-ning kristall tuzilishi. Mis ioni oltita kislorod atomlari qurshovida (4 tasi suv molekularidan, 2 tasi  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlaridan) o'rnashgan. Beshinchi suv molekulasini to'rtta vodorod bog'lar orqali  $\text{SO}_4^{2-}$  va suv molekulari bilan bog'langan (chizmada vodorod atomlari ko'rsatilmagan).



Xalq xo'jaligida misning ahamiyati juda katta. Uning ~50% miqdori elektrotexnika sanoatida elektr simlar va kabellar tayyorlashda, suv qozonlarini tayyorlashda; jez, mis nikelli va bronza kabi qotishmalar; konstantan, manganin kabi isitgich qurilmalari tayyorlash uchun ishlatiladi.

O'simliklar hayoti uchun kerakli bo'lgan mis boshqa elementlar — Fe, Mn, Mo, B, Zn va Co kabi mikroelementlar qatoriga kiradi. Bunday ionlar fermentlar (qand, kraxmal, oqsil, nuklein kislotalar va vitaminlar sintezida qatnashadigan moddalar) faoliyatini kuchaytiradi. Mis birikmasi — *gemotsianin* hayvonlar hayotida kislorod tashib yuruvchi (issiq qonlilardagi gemoglobin vazifasini bajaruvchi) modda sifatida faol qatnashadi.

**Kumu** Bu metall tabiatda misga nisbatan kam tarqalgan. Uning tug'ma holdagi manbalari deyarli tugaganligi sababli birikmalari — argentit (kumush yaltirog'i)  $Ag_2S$  dan olinadi. Kumush mis va qo'rg'oshin rudalarida aralashma holida uchraydi.

Toza kumush yumshoq, cho'ziluvchan metall. Issiqlik va elektr tokini o'tkazuvchanlik xossasi boshqa metallarnikidan yaxshi. Kumush toza metall holida ishlatilishiga uning yumshoqligi xalaqit beradi, ko'proq uning mis bilan qotishmasi turli maqsadlarda ishlatiladi.

Kimyoviy jihatdan kumush aktivligi kam, havoda oddiy va yuqori temperaturalarda oksidlanmaydi, undan yasalgan qoshiq va boshqa kumush asboblari qorayishi yuza qatlamida  $Ag_2S$  bilan qoplanishi natijasidir.

Kumush kislotalardan faqat nitrat kislotada eriydi:



Kumush tuzlari rangsiz, ularning ko'pchiligi suvda yomon eriydi.

Oksidlaridan  $Ag_2O$  ni kumush tuzlariga ishqor ta'sir etib olinadi:



Kumush gidroksid barqaror emas. U tarkibidagi suvini oson yo'qotadi va oksidga aylanadi. Kumush(I) oksid, qo'ng'ir tusli kukun, qizdirishga chidamsiz, u erkin metallga va kislorodga oson parchalanadi.

$Ag_2O$  suvda yomon eriydi, eritmasi ishqoriy xususiyatga ega, u yaxshi dissotsilanadi, uning tuziga ishqor ta'sir etganda gidroksidi cho'kmaga tushadi. Kumush tuzlari gidrolizga uchramaydi. Kumushning ikki va uch valentli oksidlari ham olingan.

Kumushning tuzlaridan  $AgNO_3$  fotografiyada, galvanotexnikada, tibbiyotda va ko'zgu tayyorlashda ishlatiladi. Fotografiyada  $AgCl$ ,  $AgBr$  va  $AgI$  lar ishlatiladi.

Kumush oksidi va suvda yomon eriydigan galogenidlari ammiak eritmasida eriydi va barqaror diammiakatlar hosil qiladi:

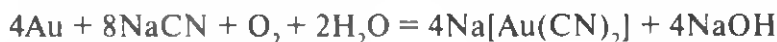


Kumushning ditsianokompleksi  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$  metallar yuzasini kumush bilan qoplashda ishlatiladi.

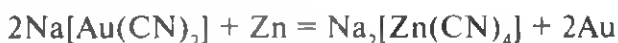
Kumushning standart elektrod potentsiali musbat qiymatga ega bo'lgani sababli uning eritmalari kuchli oksidlovchi sifatida (glukoza, aldegidlar bilan «kumush ko'zgu» reaksiyasini bajarishda) qo'llanadi. Kumush ionlarining juda oz miqdori ( $\sim 10^{-10}$  mol/l) bakteriyalarga qarshi dezinfeksiya maqsadida ham ishlatiladi.

**Oltin.** Oltin tabiatda faqat tug'ma holda mayda zarrachalar holida, qumga aralashgan holda va ba'zan yirik bo'lakchalar holida ham uchraydi.

Oltinni suvda eriydigan birikmalarga o'tkazish orqali qumdan ajratib olinadi. Masalan, natriy sianid eritmasida kislorod ishtirokida oltin koordinatsion birikmaga o'tkaziladi:



Eritmadan oltin rux bilan qaytariladi:



Oltinni bu usulda olish *gidrometallurgiya usuli* deb ataladi.

Oltin yaltiroq sariq metall, oson yassilanadi va plastik, uning 1 g bo'lakhasidan uzunligi 3,5 km bo'lgan sim tayyorlash mumkin. Issiqlik va elektr tokini o'tkazuvchanligi bo'yicha kumush va misdan keyin turadi.

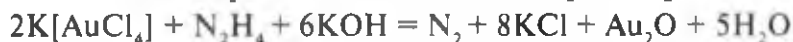
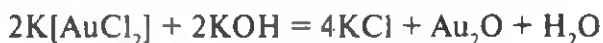
Oltin kimyoviy jihatdan juda passiv metall, havoda qizdirilganda ham oksidlanmaydi. „Shoh arog'i“ deb atalgan konsentrlangan nitrat va xlorid kislotalarning mol nisbati 1:3 bo'lgan aralashmasida eriydi:



Xlorning suvdagi kislorod bilan boyitilgan eritmasida va ishqoriy metallar sianidlarida eriydi.

Oltin simobda eriydi va amalgama deb atalgan qotishmadagi miqdori ~15% ga yetadi.

Oltin birikmalarida +1 va +3 oksidlanish darajasida bo'ladi, birikmalari ko'pincha koordinatsion birikma holida turg'un bo'ladi. *Bir valentli oksidi*  $\text{Au}_2\text{O}$  ni tuzlariga, masalan,  $\text{K}[\text{AuCl}_2]$  ga yoki  $\text{Au}(\text{III})$  birikmasiga birona qaytaruvchi ishtirokida ishqor ta'sir ettirib olinadi:



$\text{Au}_2\text{O}$  kulrang-binafsha tusli, suvda erimaydi, 200 °C da oltin va kislorodga aylanadi.



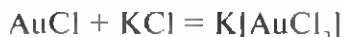
*Xloridi*  $AuCl_3$  ni ohista qizdirib  $AuCl$  ( $-180^\circ C$ ) olish mumkin:



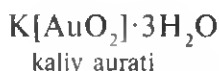
Lekin unga qisman  $AuCl$  ning parchalanishida hosil bo'lgan oltin aralashgan bo'lishi mumkin.  $AuCl$  sariq tusli, suvda erimaydi: lekin uning ta'sirida oddiy sharoitda disproporsiya reaksiyasida qatnashadi:



Oltin(I) xlorid ishqoriy metallar xloridi ta'sirida eritmaga o'tadi:



Oltin(III) xloridga ishqor ta'sir ettirib qizg'ish qo'ng'ir tusli  $Au(OH)_3$  olinadi: u suvini yo'qotib  $AuO(OH)$  holiga o'tadi. Bu modda kislotada ham, ishqorda ham eriydi, ya'ni amfoter xususiyatga ega. Uning kislotali xossasi ustunroq:



Oltinga shoh arog'ini ta'sir ettirib  $AuCl_3$  olish mumkin.  $AuCl_3$  suvda eritilganda qizil-qo'ng'ir rangli  $H_2[AuCl_3O]$  kompleks birikma hosil bo'ladi.

$H[AuCl_4] \cdot 4H_2O$  — sariq rangli ignasimon kristall, havoda namiqadi, suvda, spirtida va efirda eriydi.  $AuX_4^-$  anionlarida  $Au$  ning qurshovidagi ligandlar tekis kvadrat cho'qqilarida joylashgan. Oltinning barcha birikmalari termik jihatdan noturg'un, oson metall holdagi oltinga aylanadi.

### Savol va topshiriqlar



1. Oltin tanga (tarkibida IB gruppacha elementlari mavjud) ni qaysi usullarda to'la eritish mumkin? Tanga tarkibidagi har bir elementni ayrim-ayrim holda 3 bosqichda ajratib (oldin misni, keyin kumush va oxirida oltinni) olish usulini taklif eting.
2. Kumushdan yasalgan idishda saqlangan suv («kumush suv») bakteritsid xususiyatga ega. Kumushning suvga  $Ag^+$  holida o'tishiga yordam berishi mumkin bo'lgan jarayonlarni ko'rsating.
3. «Kumush nitratning yoki kumush oksidning ammiakdagi eritmasi» deb ataladigan va laboratoriyada keng miqyosda ishlatiladigan reaktiv nomi kimyoviy jihatdan to'g'rimi? Reaktiv uchun to'g'ri nomni taklif eting.
4. Mis(II) sulfatning qattiq kristallari oq rangli, ya'ni  $Cu^{2+}$  va  $SO_4^{2-}$  ionlari rangsiz bo'lib, uning suvdagi eritmasi zangori tusga ega, ammoniy gidroksid eritmasida esa ravshan ko'k rangli bo'ladi. Bu hodisa sababini tushuntiring.

## XI 4. II gruppada metallari

Bu gruppada ham ikki gruppachadan — IIA gruppacha — berilliy va ishqoriy-yer metallari gruppachalari va IIB gruppacha — rux gruppachasi elementlaridan tashkil topgan.

Faqat berilliyning valent pog'onasi va undan oldingi pog'ona strukturasida dublet elektronli, qolganlarida esa ... 8, 2 ko'rinishga ega. Yonaki gruppachada esa bu struktura ... 18, 2 bo'lib, asosiy va yonaki gruppachalarning o'xshashligida farq bor. Ularning hammasi uchun doimiy valentlik yagona, u ham bo'lsa +2 ga teng.

Bu elementlarning muhim xususiyatlari XI. 3-jadvalda keltirilgan.

*XI. 3-jadval*

### Ikkinchi gruppada elementlar atomlarining ba'zi xossalari

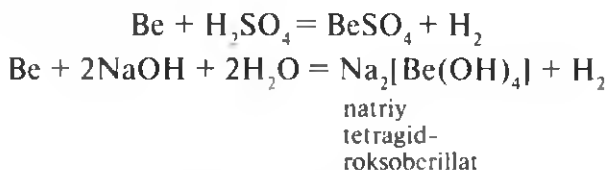
Element	Tartib raqami	Atom radiusi, nm	Ion radiusi, nm	$I_1$ , eV	$I_2$ , eV	Element	Tartib raqami	Atom radiusi, nm	Ion radiusi, nm	$I_1$ , eV	$I_2$ , eV
Be	4	0,113	0,034	9,32	18,21	—	—	—	—	—	—
Mg	12	0,160	0,074	7,65	15,03	—	—	—	—	—	—
Ca	20	0,197	0,104	6,11	11,87	Zn	30	0,139	0,083	9,39	17,96
Sr	38	0,215	0,120	5,69	11,03	Cd	48	0,156	0,099	8,99	10,44
Ba	56	0,221	0,138	5,21	10,00	Hg	80	0,160	0,112	10,44	18,75
Ra	88	0,235	0,144	5,28	10,15	—	—	—	—	—	—

Asosiy gruppacha elementlarida (berilliydan tashqari) metallik xususiyat aniq ifodalangan. Ular kumushsimon oq modda, ishqoriy metallarga qaraganda qattiqroq, suyuqlanish temperaturasi yuqoriroq.

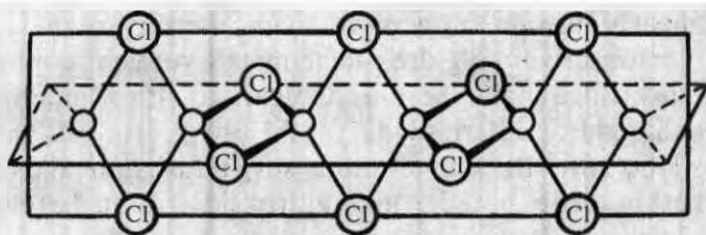
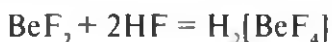
Birinchi ikki element qolgan to'rttasidan sezilarli farq qiladi. Berilliy magniydan katta farq qiladi. U qo'shni gruppaning keyingi davr elementi aluminiyga ko'proq o'xshaydi (diagonal o'xshashlik). Gruppachaning hamma elementlari uchun oksidlanish darajasi +2 ga teng. Bu elementlar kuchli qaytaruvchi hisoblanadi, lekin bu xossa ishqoriy metallarnikidan sustroq ifodalangan. Havoda oson oksidlanadi. Berilliy va magniy gidroksidlari suvda yomon eriydi va gidroksidlar metall yuzasini qoplashi natijasida reaksiya borishiga halal beradi. Qolgan to'rtta elementlar aktivligi kuchli bo'ladi, gidroksidlari suvda yaxshi eriydi. Havoda yonganda oksidlar hosil bo'ladi. Bu elementning suvga nisbatan aktivligi Ca—Ra qatorida keskin ortib boradi, ular gidroksidlarining barchasi ishqoriy xususiyatga ega.

Ishqoriy-yer metallari vodorod bilan birikib bog'lari ion tabiatli gidridlar hosil qiladi. Ca—Ra qatorida metallarning azot bilan birikish (nitridlar hosil qilishi) xususiyati ortadi; ishqoriy-yer metallarining suvda eruvchan tuzlari ko'p emas. Xlorid, bromid, yodid, nitrat va atsetatlari suvda yaxshi eriydi.

**Berilliy.** Bu metall juda qattiq, mo'rt, engil, oq tusli, korroziyaga chidamli, uning oksid pardasi zich bo'lib, ichki qavatlarini korroziyadan saqlaydi. Kislota va ishqorlarda eriydi:



Berilliy turli qotishmalar tayyorlashda ishlatiladi. Ayniqsa, bunday mahsulotlar (prujinalarga o'xshash mustahkam va elastik), masalan, *berilliy bronzalari* ahamiyatli hisoblanadi. Bunday qotishmalarda berilliy miqdori ko'p bo'lmaydi. Masalan, nikelga 2—4% Be qo'shilganda olingan mahsulot korroziyaga chidamliligi, mustahkamligi jihatidan yuqori navli zanglamas po'latdan qolishmaydi, undan jarrohlik asboblari yasaladi. Magniy-berilliy qotishmasi aviasozlikda foydalaniladi. Berilliy rentgen nurlarini o'tkazadi. Berilliyning valent pog'onasida to'rtta ( $2s$ -,  $2p_x$ -,  $2p_y$ - va  $2p_z$ -) orbital bo'lib, unda faqat 2 ta elektron joylashgan (qo'zg'algan holatda). Bu holda valentlik 2 ga teng bo'ladi, ular  $sp$ - gibridlangan,  $\text{BeX}_2$  kabi molekulari to'g'ri chiziq ustida joylashgan atomlardan tashkil topadi. Molekulada berilliy orbitallari elektronga tanqis molekular toifasiga kiradi. Undagi ikkita orbital donorlik xususiyatiga ega bo'lgan zarrachalar uchun akseptorlik vazifasini bajara oladi.  $\text{BeF}_2$  ning bo'sh orbitallari bilan, masalan, qo'shimcha vodorod fluoriddagi fluor atomlarining taqsimlanmagan elektron juftlari orasida donor-akseptor mexanizm asosida yana ikkita kovalent tabiatli molekulararo bog'lanish yuzaga keladi. Be atrofida 4 va F atomlari 4 koordinatsion sonli anion hosil qiladi:



XI. 6-rasm.  
*BeCl<sub>2</sub> polimer  
zanjirining  
tuzilish sxemasi.*

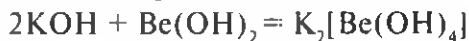
Bug' holdagi  $\text{BeF}_2$  sovitilganda  $\text{BeF}_2$  ning o'zi ayrim molekula holdida qolmasdan, har bir fluor atomi o'zining taqsimlanmagan elektron juftidan birini Be ning erkin orbitali orasida joylashishi qattiq holdagi  $\text{BeF}_2$  ning har bir fluor atomi ikkita Be atomini birlashtiruvchi ko'prik atom vazifasini bajaradi:



XI. 6-rasmda  $\text{BeCl}_2$  molekularidan iborat chiziqli molekularlarning strukturasi keltirilgan.

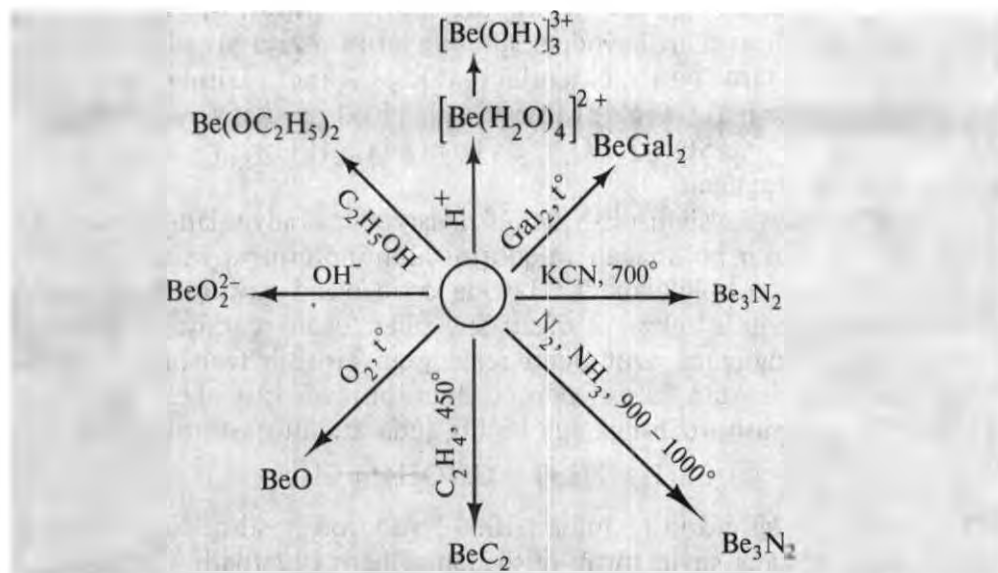
Berilliy oksid  $\text{BeO}$  — oq rangli, olovga chidamli modda, yadro reaktorlarida, raketalarda qurilish materiali sifatida ishlatiladi.

Berilliy gidroksid  $\text{Be}(\text{OH})_2$  oq rangli iviq cho'kma bo'lib, xossasiga ko'ra aluminij gidroksidni eslatadi. Ishqor eritmasida eriydi va koordinatsion soni 4 ga teng bo'lgan birikmalar hosil qiladi:



Shu xususiyati (amfoterlik) bilan berilliy IIA gruppachadagi boshqa elementlardan farq qiladi.

*Berilliy tuzlari* — fluoridi, xloridi, sulfati, karbonati, nitrati suvda yaxshi eriydi, kristallanganda kristallgidratlar hosil qiladi, fluoridi va nitrati havo namini yutadi (gigroskop xossaga ega). Berilliy kimyosiga tegishli ba'zi ma'lumotlar quyidagi sxemada aks ettirilgan.

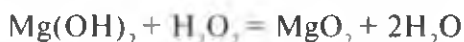


**Magniy.** Magniy tabiatda magnezit  $MgCO_3$ , dolomit  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ , xloridlar va kaliy tuzlariga aralashgan holda sulfatlari — astraxanit  $Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$  minerallarida uchraydi.

Bu metall kumushsimon oq (yangi yuzasi) rangli, yuza qatlami pishiq oksid pardasi bilan ichki qismlarini korroziyadan saqlaydi. Magniy yaxshi yassilanadi, mustahkam metall.

Kimyoviy xossalari jihatidan magniy aktivligi ishqoriy metallarnikidan kam. Sovuq suv bilan reaksiyaga kirishmaydi, isitilgan suv bilan ta'sirlashib, vodorodni qaytaradi. Galogenlar, kislorod va oltingugurt bilan qizdirilganda shiddatli reaksiyaga kirishadi va tegishli birikmalar hosil qiladi. Metall holdagi magniy organik galoid hosilalar bilan *magniyorganik* birikmalar hosil qiladi. Magniy qotishmalari aluminiy qotishmasi kabi yengil bo'lgani uchun samolyotsozlikda va *elektron* nomli qotishmasi texnikada ishlatiladi. U mexanik ishlovga qulay.

*Magniy oksid* karbonatini yoki gidroksidini termik parchalash natijasida yoki metallni kislorodda yondirish natijasida olinadi. Bu modda o'tga bardosh, suvda erimaydi. Magniy gidroksidi bilan vodorod peroksidi orasidagi reaksiyada magniy peroksidi hosil bo'ladi, lekin mahsulotga qisman  $Mg(OH)_2$  aralashgan bo'ladi. Bu modda ham suvda yomon eriydi.

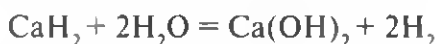


*Magniy gidroksidi* suvda yomon eriydi, suvini yo'qotish uchun juda yuqori temperaturagacha qizdirish kerak bo'ladi. Suvda erimaydi, kislotalarda eriydi.

Magniy tuzlaridan suvda floridi oz, xloridi, nitrati va sulfati suvda yaxshi eriydi, nitrati nam havodagi suv bug'larini o'ziga yutadi.

**Kalsiy** keng tarqalgan elementlar qatoriga kiradi. Uning birikmalari kalsiy karbonat (marmartosh, bo'r, kuydirilmagan ohak), gips  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , fosforit  $Ca_3(PO_4)_2$  va kalsiy tutgan silikatlar keng tarqalgan.

Metall holdagi kalsiyni olish uchun kalsiy xlorid suyuqlanmasini elektroliz qilinadi. Ko'p bo'lmagan miqdorini aluminotermiya usulida olinadi. Kalsiy metali oson bolg'alanadi. Havoda oson oksid qavatini hosil qiladi. Sovuq suv bilan juda sekin, isitilgan suv bilan oson reaksiyaga kirishadi. Galogenlar, oltingugurt, azot bilan reaksiyaga kirishib tegishli birikmalar hosil qiladi. Qizdirilgan kalsiy vodorod bilan birikadi va  $CaH_2$  hosil qiladi. Bu modda tuzsimon tuzilishga ega bo'lib, juda kuchli qaytaruvchidir:



Bu reaksiyada 1 kg gidrid taxminan 1000 l vodorod hosil qiladi. U kristallgidratlar tarkibidagi suvni tortib olish uchun ham ishlatiladi.

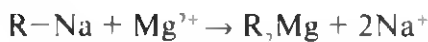


Qattiq suvda matolarni bo'yab bo'lmaydi. Shu sababli tabiiy suvni yumshatish, suvni tayyorlash kabi amallarni bajarish kerak bo'ladi.

Texnik maqsadlar uchun ishlatiladigan suvni dag'al dispers va kolloid aralashmalardan hamda erigan moddalardan tozalash lozim. Suvni kolloid holatdagi moddalardan tozalash uchun unga koagulyantlar (masalan, aluminiy sulfat tuzi eritmasi) qo'shib filtrlanadi.

Suvni yumshatish uchun kalsiy va magniy kationlarini cho'kma holida ajratib olish kerak. Buning uchun oddiy qaynatishdan foydalanib kalsiy va magniy karbonatlarini ajratib olishda vaqtincha qattqlikdan xoli bo'lish mumkin. Kimyoviy usulda suvga soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yoki so'ndirilgan ohak  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  qo'shilganda eritmadan  $\text{CaCO}_3$  va  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ni ajratib olish va shu bilan suvni yumshatish mumkin.

Ko'p miqdordagi suvni yumshatish uchun kation va anion almashinadigan smolalar — *kationitlar* va *anionitlar* qo'llanadi. Bunday smolalarda kationit polivalentli qattiq elektrolitdagi kationi eritmadagi  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari bilan almashadi:



Shu tarzda  $\text{Ca}^{2+}$  ionini ham eritmadan chiqarib yuborish suvni yumshatishga olib keladi.

Kalsiyning uchuvchan tuzlari alangani qizg'ish g'isht rangga bo'yaydi.

**Stronsiy.** Tabiatda karbonatli va sulfatli minerallari stronsianit  $\text{SrCO}_3$  va selestin  $\text{SrSO}_4$  shaklida uchraydi. Metall holdagi stronsiy aktiv bo'lib, havoda oson oksidlanadi, suv bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi.

*Stronsiy oksid*  $\text{SrO}$  kalsiy oksidiga o'xshash, peroksidlar ham hosil qiladi. Hidroksidi  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  kuchli ishqoriy xususiyatga ega, uning suvdagi eruvchanligi kalsiy birikmasidan ko'ra yuqoriroq. Karbonatlari va sulfatlari suvda yomon eriydi. Stronsiy xlorid alangani to'q qizil rangga bo'yaydi.

**Bariy.** Bu element tabiatda o'zining karbonati — viterit  $\text{BaCO}_3$  va sulfati barit  $\text{BaSO}_4$  holida uchraydi. Bariy gruppachadagi barcha elementlardan ancha aktiv, havoda oksid qatlami bilan qoplanadi. Suv bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi, ko'pchilik elementlar bilan tegishli birikmalar hosil qiladi.

$\text{BaO}$  stronsiy oksididan aktivroq, u qizdirilganda ( $\sim 500^\circ\text{C}$ ) peroksid  $\text{BaO}_2$  hosil bo'ladi, u yuqoriroq temperaturada esa oksidga va kislorodga parchalanadi.

*Gidroksidi* kuchli ishqor, suvda yaxshi eriydi va dissotsilanish darajasi yuqori. U ishqoriy metallar gidroksidlariga o'xshash.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ning suvdagi to'yingan eritmasi *bariyli suv* deb ataladi.

*Karbonatlari va sulfatlari* suvda yomon eriydi; gruppachada yuqoridan pastga tushish tartibida sulfatlarning eruvchanligi kamayib boradi, yuqoridagi element sulfatning to'yingan eritmasini keyingi davrdagi elementni sulfat holida cho'ktirish uchun qo'llash mumkin.

Bariy xlorid rangsiz alangani sarg'ish-yashil rangga bo'yaydi.

### Savol va topshiriqlar

- ?
1. Kalsiy gidroksid eritmasi orqali  $\text{CO}_2$  oqimi o'tkazilganda eritmada loyqa paydo bo'ladi, lekin shu jarayonni kalsiy nitrat eritmasi bilan olib borilsa eritmada  $\text{CaCO}_3$  cho'kmasi hosil bo'lmasligini tushuntiring.
  2. Bariy gidroksid eritmasi orqali quyidagi gazlarni: 1) uglerod(IV) oksid; 2) vodorod sulfid; 3) xlor va 4) vodorod yodid o'tkazilganda qanday mahsulotlar hosil bo'lishi mumkin?
  3. Ishqoriy-yer metallarining suvda oz eriydigan tuzlari formulalarini yozing.
  4. Kalsiy—stronsiy—bariy—radiy qatorida sulfatlarning suvda eruvchanligi qanday o'zgaradi?
  5. Berilliyning gruppada pastroqda joylashgan elementlardan farqi nimada kuzatiladi?

## **XI** 5. IIB gruppacha metallari

### Gruppacha metallarining umumiy xarakteristikasi

Gruppacha elementlari *rux*, *kadmiy* va *simob* 4—6-davrning oraliq elementlarining eng oxirida joylashgan *d*-elementlari bo'lib, ularning tashqi valent pog'onasida faqat 2 tadan elektroni borligi uchun birikmalarda ikki valentli bo'ladi.

*XI.4-jadval*

### IIB gruppacha elementlarining ba'zi xossalari

Xossalar \ Elementlar	Zn	Cd	Hg
Atom radiusi, <i>nm</i>	0,139	0,156	0,160
Ionlanish energiyasi			
$I_1$ , eV	9,39	8,99	10,44
$I_2$ , eV	17,96	16,91	18,75
$E^{2+}$ ion radiusi, <i>nm</i>	0,083	0,099	0,112
Suyuqlanish temperaturasi, °C	419,5	321,0	-38,9



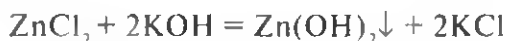
Bu elementlarning qaytaruvchilik xossalari asosiy gruppachadagilarniki-dan ancha zaif, buning sababini element atomlarining radiusi kichikroq, ionlanish potentsiallari yuqoriroq bo'lishi bilan tushuntirish kerak (XI. 6-jadvalga qarang).

Bu elementlar ham mis gruppachasidagi kabi ko'plab koordinatsion birikmalar hosil qiladi.

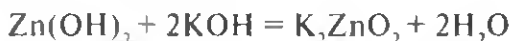
**Rux.** Ruxning tabiatdagi birikmalaridan eng muhimlari galmey  $ZnCO_3$  va rux aldamsi  $ZnS$  dir. Metall holdagi rux kumushsimon-zangori tusli, xona temperaturasida mo'rt, lekin  $100-150^\circ C$  da yaxshi bukiladi, yassilanadi.  $200^\circ C$  dan yuqorida yana mo'rt holatga o'tadi. Metall havoda yupqa oksid yoki gidroksokarbonat tarkibli mustahkam parda bilan qoplanadi va ichki qatlamlarni korroziyadan saqlaydi. Aktivlik qatorida rux vodoroddan chap tomonda joylashishiga qaramay suv bilan reaksiyaga kirishmaydi, chunki yuza qatlamda hosil bo'lgan rux gidroksid qatlami suvda erimasligi tufayli reaksiya davom etishini to'xtatib qo'yadi. Suyultirilgan kislotalarda rux oson eriydi. Bu metall berilliy kabi ishqor eritmaları bilan oson reaksiyaga kirishadi va amfoter xususiyatli bo'ladi. Kuchli qizdirilgan rux kislorod atmosferasida oq-yashil rangli alanga hosil qilib, rux oksid  $ZnO$  ga ayatlanadi.

*Rux oksid*  $ZnO$  oq rangli zich bo'lmagan kukun, suvda erimaydi, kislota va ishqorlarda oson eriydi.

*Rux gidroksid* ruxning turli tuzlariga ishqor ta'sirida oq rangli cho'kma holida ajralib chiqadi:



Hosil bo'lgan cho'kma ortiqcha miqdorda qo'shilgan ishqorda erib, suvda eriydigan sinkatlar hosil qiladi:



Bu modda eritmada gidroksobirikmalar  $[Zn(OH)_4]^{2-}$  holida bo'ladi, eritmada uni  $Na_2[Zn(OH)_4]$  va  $Ba_2[Zn(OH)_6]$  holida ajratib olingan. Bu jihatdan rux berilliy va aluminiyga o'xshash.

*Ruxning tuzlari* metallardan, oksididan va tuzlaridan tegishli kislotalar ta'sirida olinadi. Tuzlari eritmada gidrolizlanadi. Galogenidlari orasidan floridi  $ZnF_2$  suvda juda yomon eriydi.

Ruxning koordinatsion birikmalar hosil qilish xususiyati misnikiga qaraganda kamroq, lekin tetraxlorotsinkatlari masalan,  $(NH_4)_2[ZnCl_4]$ , aralash ammiakati  $[ZnCl_2(NH_3)_2]$ , tetraammikatlari  $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$  ni hosil qiladi. Bu tuzlar barchasi suvda eriydi.

Ruxning amaliy ahamiyati katta, uning ko'p miqdori temir va po'lat buyumlar sirtini korroziyadan saqlash maqsadida qo'llanadi va namlik ta'sirida ham korroziyaga bardoshligi yaxshi bo'ladi. Ruxning magniy va aluminiy bilan hosil qilgan qotishmalari, mis bilan hosil qilgan qotishmasi — latun katta ahamiyatga ega. Rux metali galvanik elementlar yasashda qo'llanadi. Rux oksidi moyli bo'yoqlar tayyorlashda, tibbiyotda, kosmetikada, rezina tayyorlashda to'ldiruvchi sifatida ishlatiladi. Rux sulfidi oq rangli modda. Nur, elektronlar ta'sirida nurlanish xususiyatiga ega bo'lishi tufayli lyuminessent lampalar, ekranlar tayyorlashda keng qo'llanadi.

**Kadmiy.** Bu element birikmalari rux rudalarida aralashma holda uchraydi. Kadmiyni ajratib olish uchun rux va kadmiy birikmalari aralashmasiga rux metali qo'shib qizdiriladi va erkin kadmiy olinadi:



Toza holdagi metallni ajratib olish uchun olingan kadmiyga boy bo'lgan mahsulotni elektroliz qilinadi. Bu metall kumushsimon-oq tusli, yumshoq, bolg'alanuvchan va cho'ziluvchan xususiyatga ega. Qizdirilgan kadmiy kislorod atmosferasida yonib, jigarrang oksid CdO ga aylanadi.

*Kadmiy oksid* suvda erimaydi, kislotalarda erib tegishli tuzlarini hosil qiladi. Tuzlari rangsiz bo'ladi.

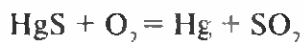
*Kadmiy gidroksid* faqat asosli xususiyatga ega, kislotalarda erib tegishli tuzlarni hosil qiladi.

*Kadmiy sulfid* CdS ravshan sariq rangli bo'yoq modda, rangli shisha tayyorlashda qo'llanadi.

! *Kadmiyning barcha birikmalari, ayniqsa, suvdagi eritmaları hayot uchun xavflidir.*

**Simob.** Bu element tabiatda oz tarqalgan, oz miqdorda tog' jinslariga yutilgan holda va kinovar HgS ko'rinishida (ravshan qizil rangli) uchraydi (undan bo'yoqlar tayyorlashda foydalaniladi).

Metallni ajratib olish uchun kinovar havoda kuydiriladi:



Simob oddiy sharoitda suyuq holda bo'ladigan metall, undan kimyo sanoatida natriy ishqor va xlorni osh tuzidan elektroliz qilib olishda katod sifatida foydalaniladi, atom energetikasida uran tutgan mahsulotlarni eritishda, sun'iy quyosh lampalari, lyuminessent lampalar, manometr, termometr, oltin tutgan qumlardagi oltinni eritishda qo'llanadi.

Simob ko'pchilik metallarni o'zida eritadi. Ular *amalgamalar* deb ataladi. Ba'zan bunday mahsulotlar kimyoviy birikmalar ham bo'lishi mumkin. Ishqoriy metallar amalgamalarining qaytaruvchilik xossasi yumshoq xususiyatga ega.

Simobning rux va kadmiydan passiv bo'lishi uning ionlanish energiyasi-ning yuqori ekanligi bilan tushuntiriladi. Simob xlorid va suyultirilgan sulfat kislotalarda erimaydi, ishqorlar ta'sir qilmaydi. Konsentrlangan sulfat kislota qizdirilganda oksidlaydi, nitrat kislota oson oksidlanadi.

*Simob oksidini* olish uchun uni havoda 350—400 °C da qizdirib qizil rangli HgO ni hosil qilish mumkin, yuqoriroq temperaturada bu modda kislorod va simobgacha parchalanadi. Simobning quyi oksidi Hg<sub>2</sub>O da — Hg—Hg— bog' tufayli valentligi 2 ga teng bo'lsa ham, oksidlanish darajasi +1 ga teng, bunday bog'lanish simob(I) tuzlarining suvli eritmalarida ham saqlanib qoladi. Simob gidroksidi eritmada hosil bo'lishidayoq oksidga aylanadi (Ag<sub>2</sub>O va Au<sub>2</sub>O lar kabi).

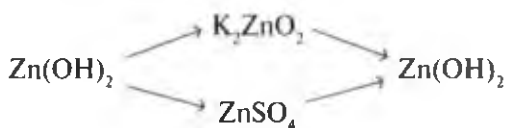
*Simob(II) nitrat.* Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> simob bilan issiq nitrat kislota orasidagi reaksiyada hosil bo'ladi, bu tuz laboratoriyada ko'p ishlatiladigan birik-masi hisoblanadi. Simob(II) xlorid — *sulema* suvda yaxshi eriydigan, lekin dissotsilanish darajasi juda kichik modda, u juda kuchli zaharlovchi mod-dadir. Undan urug'larga ekish oldidan ishlov berishda, terini oshlashda foydalaniladi.

Simob birikmalari juda zaharli. U ichak, buyrak va yurak faoliyatiga ta'sir etganda og'ir xastaliklar keltirib chiqarishi mumkin.

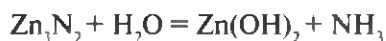
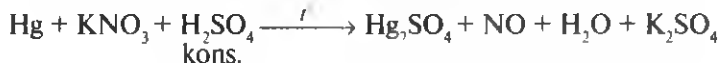
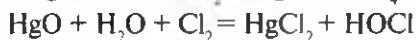
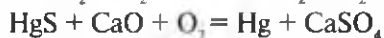
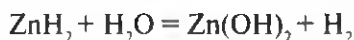
### Savol va topshiriqlar



1. Quyidagi sxemadagi genetik o'zgarishlar amalga oshirilganda sodir bo'la-digan reaksiyalar tenglamasini yozing:



2. Rux sulfat eritmasiga oz va mo'l miqdorda quyidagi moddalar eritmalaridan: a) NH<sub>3</sub>, b) KOH quyilganda qanday mahsulotlar hosil bo'ladi?
3. Massasi 0,156 g bo'lgan rux va aluminiy qotishmasi mo'l miqdordagi xlorid kislota bilan reaksiyaga kirishganda 20 °C va 99,3 kPa bosim ostida o'lchangan gazning 144 ml miqdori hosil bo'lgan. Qotishmadagi ruxning massa ulushini hisoblang.
4. Quyidagi reaksiyalar tenglamalari uchun koeffitsientlar tanlang:



## XI 6. Ayrim muhim p-elementlar kimyosi

Darslikning bu qismida anorganik kimyo hamda elementlar kimyosini to'laroq aks ettirishda muhim ahamiyatga ega bo'lgan metallar va ularning birikmalari ustida to'xtalib o'tamiz.

**Aluminiy.** Aluminiy yer qatlamida eng ko'p tarqalgan metallidir. U tuproq tarkibida va boshqa minerallar holida ham uchraydi. Aluminiy kumushsimon-oq tusli metall, u oson ishlanadi. undan yupqa zar qog'ozlar yasash mumkin. Aluminiy boksit (giltuproq)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , alunit  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  va nefelin  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  holida ko'p uchraydi.

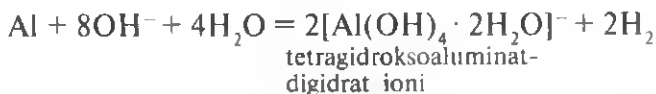
Metall holiday aluminiy uning oksidi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan elektrolitik usulda olinadi. Bu maqsadda tabiiy boksit mineralini qayta ishlash yo'li bilan tozalangan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  olinadi. Suyuqlanish temperaturasi juda yuqori bo'lgan bu birikma elektr tokini o'tkazmaydi, shu sababli uning kriolit  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  bilan aralashmasini suyuq holga ( $960^\circ\text{C}$ ) keltiriladi va maxsus vannalarda elektroliz qilinadi.

IIIA gruppachadagi bor va aluminiyning kimyoviy xossalari o'zaro o'xshash bo'lsa-da, ularning elektron konfiguratsiyalarida farq bor: bor elementining tashqi valent pog'onasidan oldingi elektronlari dublet holida bo'lsa, aluminiyda bu pog'ona 8 elektronli bo'lib, u tashqi pog'onachalardagi elektronlarni yadro ta'siridan to'sib turadi, shu sababli aluminiyda metallik xususiyat yaxshiroq namoyon bo'ladi. Aluminiyning nisbiy elektrmanfiyligi oraliq kattalikka ega bo'lganligi (1,5 birlik) sababli uning ko'pchilik birikmalaridagi kimyoviy bog' tabiatining qutbliligi qisman kovalent xususiyatga ega bo'ladi. Aluminiy 3-davr elementi bo'lgani uchun unda 3d-pog'onacha mavjud. Uning koordinatsion soni oltiga yetishi tabiiy.

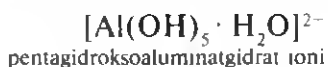
Aluminiy metalining yuza qatlami yupqa oksid pardasi bilan qoplanib qoladi, bu esa metall ichki qismlari himoya qilinishida muhim ahamiyatga ega.

Aluminiy suyultirilgan sulfat, nitrat va xlorid kislotalarda oson eriydi va tegishli tuzlar hosil qiladi. Konsentrlangan nitrat kislotada erimaydi, uning yuza qatlamida hosil bo'ladigan oksid pardasi passivlashtiruvchi xususiyatga ega.

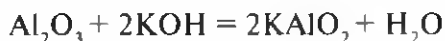
Aluminiy ishqorlar bilan reaksiyaga oson kirishadi va aluminatlar hosil qiladi:



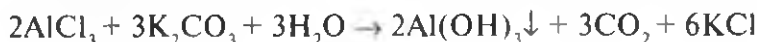
Eritmadagi ishqor konsentratsiyasiga qarab, aluminatlar tarkibidagi  $\text{OH}^-$  ionlar soni turlicha bo'lishi mumkin:



Aluminiy oksid ishqorlar bilan reaksiyaga kirishib tuz hosil qiladi:



Aluminiy tuzlari karbonatlar bilan reaksiyaga kirishib aluminiy gidroksid hosil qiladi. Kuchsiz kislotalar tuzlari esa to'la gidrolizga uchraydi:

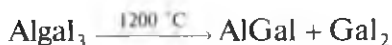


Ionli ko'rinishda:

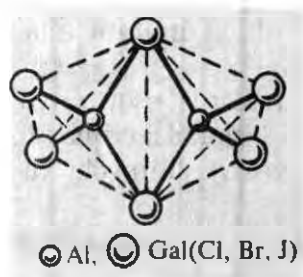


Aluminiy galogenidlari  $\text{AlGal}_3$  da markaziy atom atrofida faqat uchta elektron jufti bo'lgani uchun bunday molekular elektronga muhtoj bo'ladi. Bunday molekular dimer holiga o'tganida (XI. 7-rasm) mustahkam birikmaga aylanadi. Bunday holat moddaning suyuqlanma yoki bug'langan holatida ham saqlanib qoladi. Galogenidlarning turg'unligi  $\text{Al}_2\text{F}_6 - \text{Al}_2\text{J}_6$  qatorida kamayib borishi  $\text{Al}-\text{Gal}$  oraliq masofaning ortib borishi bilan tushuntiriladi.

Yuqori temperaturada aluminiy galogenidlari parchalanib  $\text{AlGal}$  holiga o'tadi:



Bunday birikmalar  $1000^\circ\text{C}$  dan past temperaturada turg'un emas. Ular disproporsiyalanish jarayonida qatnashadi:



XI. 7-rasm.  $\text{AlGal}_3$  dimerining fazoviy tuzilishi.

Quyidagi sxemalarda aluminiyning turli moddalar bilan reaksiyasi, oksid va gidroksidlariga xos o'zgarishlari aks ettirilgan.

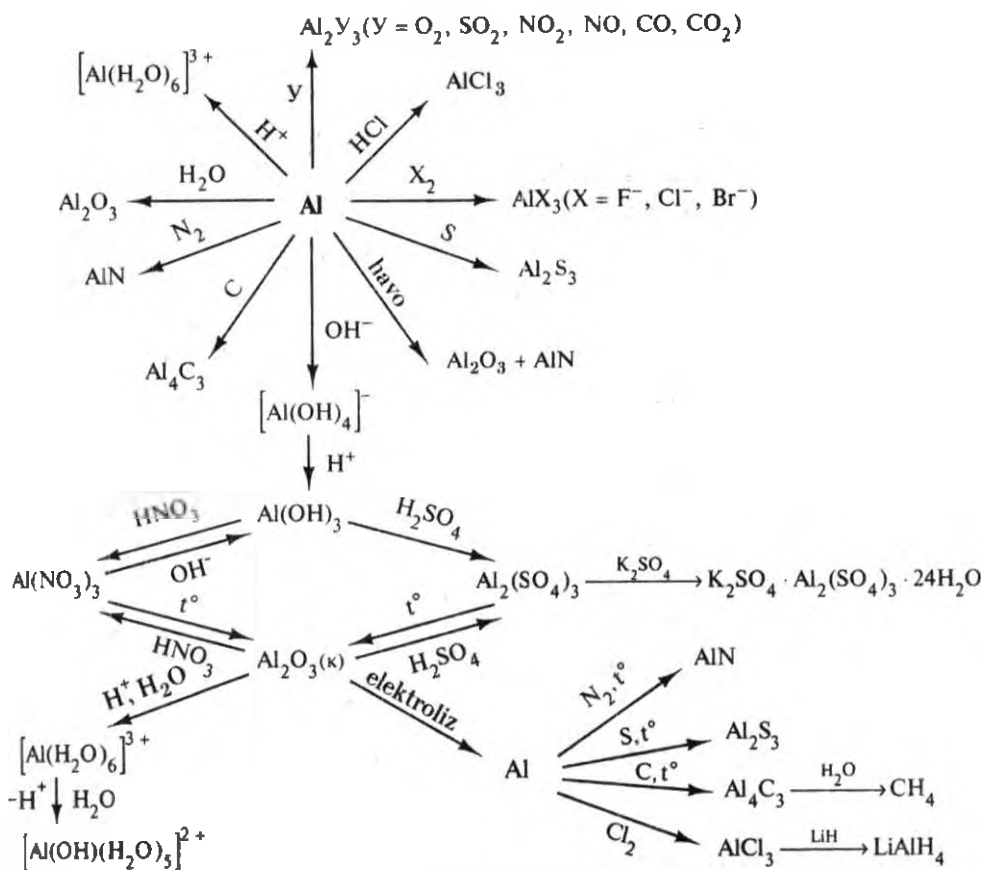
Aluminiyning suvda eriydigan tuzlari kristallogidratlar holida bo'ladi:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  (suvni tozalashda va ba'zi navli qog'ozlarni tayyorlashda ishlatiladi), kaliy-aluminiyli achchiqtosh  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  (teri oshlashda, paxta tolasidan tayyorlangan matolarni bo'yashda ishlatiladi).

Aluminiy ko'pgina metallarni ularning oksidlaridan qaytarish — aluminotermiya jarayonida

masalan, marganes, xrom, vanadiy olishda; tarqoq va siyrak metallarga qo'shib ligatura tayyorlashda, temir yo'l relslarini, quvurlarni payvandlashda ishlatiladi.

Aluminiy birikmalari katalizator sifatida ham qo'llanadi.

**Berilliy va aluminiyning o'zaro o'xshashligi.** Berilliy(II) ionining zaryad zichligi ( $Z/r$ ) boshqa kationlarinikiga qaraganda ancha katta ( $\rho_z = 2 : 0,031 \text{ nm} = 64,5 \text{ nm}^{-1}$ ) bo'lganligi tufayli uning qutblash xossasi ham yuqori. Shu nuqtai nazardan bu ionning 3-davrdagi zaryadi bir birlikka katta bo'lgan aluminiy(III) ioninikiga juda yaqin ( $\rho_z = 60$ ), ya'ni eslatilgan jarayonda elementlarda o'xshashlik ko'p bo'lishini kutish tabiiydir. Bunday diagonal o'xshashlikni quyidagi holatlarda ko'rib o'tamiz.



1. Bu ikki elementning metall holatda o'zaro o'xshashligi kuzatiladi — ularning tashqi yuzalari mustahkam oksid pardasiga ega bo'lishi ular oddiy sharoitda korroziyaga chidamliligini tushuntiradi.

2. Ikkala metall ishqorlar eritmasida erib berillat ( $\text{BeO}_2^{2-}$ ) va aluminat ( $\text{AlO}_2^-$ ) holatiga o'tadi. Ushbu ionlar eritmada bo'lishiga ishonch hosil qilish qiyin, chunki ikkala ion kuchli qutblovchi bo'lganligi uchun ko'proq  $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$  va  $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$  ionlari holida bo'ladi. Bu ikkala metall okso- va gidroksobirikmalar amfoter xususiyatga ega.

3. Berilliy va aluminiy oksidlari qizdirishga chidamli va qattiqligi yuqoridir. Berilliy atomi polimorf xususiyatga ega, atomi to'rtta kislorod atomining qurshovida, kislorod atomlari esa tetraedr cho'qqilarida joylashgan. Aluminiy oksidida ham aluminiy atomlari  $\text{AlO}_6$  va  $\text{OAl}_4$  qurshovida bo'lishi haqida yuqorida (I. 3 qismda) aytib o'tilgan edi.

4. Bu elementlarning oksidlanish-qaytarilish potentsiallari bir-biriga yaqin ( $E_{\text{Be}^{2+}/\text{Be}}^0 = -1,85$ ;  $E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1,66$  B — kislotali sharoitda,  $E_{\text{Be}^{2+}/\text{Be}}^0 = -2,62$ ;  $E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -2,3$  B — ishqoriy sharoitda). Ularning oksid pardasi mustahkam bo'lganligi sababli suv bilan reaksiyaga kirishmaydi.

## XI 7. IV gruppada elementlariga umumiy tavsif

IVA gruppachada joylashgan ikkita element — metallmas, qolgan elementlarda esa yuqoridan pastga qarab metallik xossasi ortib boradi. Elementlarning vodorodli birikmalarini turg'unligi keskin kamayadi. Uglarodning bunday birikmalari boshqa qo'shni gruppada elementlari (azot, fosfor, kislorod, oltingugurt) ishtirokida tirik hayot asosini, gruppaning ikkinchi elementi — kremniy esa jonsiz tabiat asosini tashkil etadi.

IV gruppada elementlaridan uglerod va kremniy o'zining barcha valentlik holatlarida to'la analog bo'ladi.

Elektron pog'onalar strukturasi	Elementlar	Elektron pog'onalar strukturasi
2, 4	C	
2, 8, 4	 Si	
2, 8, 10, 2	Ti                      Ge	2, 8, 18, 4
2, 8, 18, 10, 2	 Zr                              Sn	2, 8, 18, 18, 4
2, 8, 18, 32, 10, 2	 Hf                              Pb	2, 8, 18, 32, 18, 4

Asosiy gruppacha elementlari C—Si—Ge—Sn—Pb qatorida metallmasdan metall holatga o'tish keskin sodir bo'ladi; titan va uning analoglari Zr va Hf o'zlarining eng yuqori musbat +4 holatida (xarakteristik valentlik) kremniyga o'xshash bo'lishi kutiladi. Bu elementlarning yuqori valentli oksidlari  $EO_2$  ning hosil bo'lish entalpiyalari  $\Delta H_f^\circ$  bilan elementlarning yadro zaryadlari orasidagi munosabatdan (XI. 8-rasm) aytib o'tilgan elektron formulalardagi vaziyatni ko'rish mumkin.

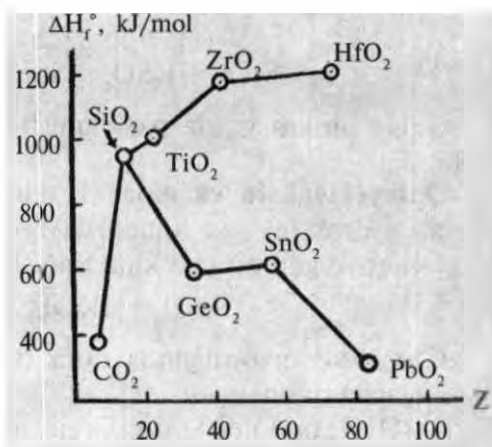
Bu gruppacha elementlarini ikki valentli birikmalarining turg'unligi yuqoridan pastga qarab ortib boradi.

Uglerod va kremniyning to'rt valentli birikmalari barqaror, qolganlarida yuqoridan pastga qarab turg'unligi kamaya boradi va shu tufayli ularning oksidlovchi xossalari ortib boradi. Gruppacha boshida E(IV) birikmalari uchun kovalent holat asosiy bo'lsa, qolganlarida bunday vaziyat kuzatilmaydi. Uglerod va kremniy uchun C—C va yoki O—Si—O bog'lar turg'unligi katta, ular gibrid orbitallar hosil qilishi oson, og'ir elementlarda bunday vaziyat o'rniga  $[E(OH)_6]^{2-}$  holat ko'proq kuzatiladi. Bu qismning elementlari xossalari *p*-metallar qatorida ko'rib o'tamiz, metallmaslar (uglerod va kremniy)ni esa ayrim ko'rib o'tish qulayroq bo'ladi.

**Qalay** odamzodga qadimdan ma'lum. Uning mis bilan hosil qilgan qotishmasi — bronza keng tarqalgan. Uni qalaytoshdan ko'mir bilan qaytarib olish oson.

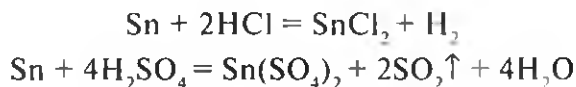
Erkin holdagi qalay oq kumushsimon yaltiroq yumshoq metall bo'lib, yaxshi yassilanadi, cho'ziladi va undan juda yupqa qog'ozsimon mahsulot tayyorlash mumkin.

Havoda bu metall oksidlanmaydi, lekin suyuqlanish temperaturasiga qadar qizdirilganda  $SnO_2$  ga aylanadi. Suv bilan reaksiyaga kirishmaydi. Suyultirilgan xlorid va sulfat kislotalar unga juda sekin ta'sir etadi, chunki bu metall ishtirokida vodorodning o'ta kuchlanishi katta qiymatga ega. Xlorid kislotaning konsentrlangan eritmasi qalayni  $SnCl_2$  gacha, konsentrlangan sulfat kislota esa uni  $Sn(SO_4)_2$  gacha oksidlaydi:



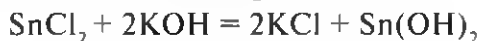
XI. 8-rasm. IV gruppacha elementlar oksidlarining hosil bo'lish entalpiyasi va elementlar yadro zaryadi orasidagi munosabat.





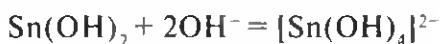
Qalay birikmalarida oksidlanish darajasi +2 va +4 bo'lgan holatlarda uchraydi.

**Qalay(II)oksid va qalay(II)gidroksid.** Qalay(II) tuzlariga ishqoriy metall gidroksidi (oz miqdorda) yoki karbonati ta'sir ettirilganda suvda yomon eriydigan oq cho'kma  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  hosil bo'ladi:



Gidroksid qizdirilganda qora rangli  $\text{SnO}$  ga aylanadi,  $\sim 550^\circ\text{C}$  larda  $\text{SnO}_2$  gacha oksidlanadi.

$\text{Sn}(\text{OH})_2$  amfoter xossaga ega, ishqorlarda erib *stannitlar* hosil qiladi:

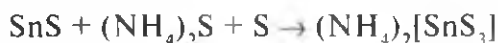


Ishqoriy metallar stannitlari kuchli qaytaruvchi xossaga ega.

Gidroksistannitlar ohista qizdirilganda suvini yo'qotib *metastannitlarga* aylanadi, bunday birikmalar faqat qattiq holatdagina ma'lum.

Qalayning sulfidi  $\text{SnS}$ , sulfati  $\text{SnSO}_4$ , nitrati  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ , xloridi  $\text{SnCl}_2$ , asetati  $\text{Sn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  (qaynash temperaturasi  $240^\circ\text{C}$  ga teng, bu holat birikma kovalent xususiyatga ega ekanligidan darak beradi) suvda yaxshi eriydi.

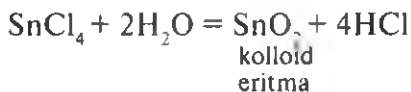
$\text{SnS}$  ammoniy sulfidida disperslangan S ishtirokida oksidlanib ammoniy tiostannatni hosil qiladi:



Oksidlanish darajasi +4 bo'lgan qalay birikmalaridan stannan  $\text{SnH}_4$  — rangsiz, turg'un, kuchli qaytaruvchi xossaga ega, zaharli modda. Qalay(IV) xlorid qalayni xlor atmosferasida qizdirib olinadi:



Bu modda  $100^\circ\text{C}$  dan yuqorida qaynaydigan suyuqlik, havoda tutaydi, suvda eriganda katta miqdorda issiqlik ajratib  $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ni hosil qiladi. Bu moddadan suvsiz  $\text{SnCl}_4$  ni olib bo'lmaydi, chunki suv ta'sirida u gidrolizlanadi:



Hosil bo'lgan HCl eritmadagi  $\text{SnCl}_4$  bilan birikib geksaxlorqalay kislotani hosil qiladi:



Bu modda juda kuchli kislota xossasiga ega.

Qalay kislota va uning tuzlari – stannitlar qalay(IV) oksidni ishqorlarda eritib olinadi:



Bu kislotaning kalsiy va qo'rg'oshinli tuzlari suvda yomon eriydi.

Qalay(IV) gidroksidi ikkita kislota  $\alpha$ - va  $\beta$ -qalay kislotalari ko'rinishida ma'lum.

$\alpha$ -qalay kislota  $\text{H}_2\text{SnO}_3$  ni  $\text{SnCl}_4$  ga ammoniy gidroksid ta'sir ettirib olinadi:



Bu modda suvsizlanishi natijasida  $\text{SnO}_2$  ga aylanadi. Tarkibi doimiy bo'lgan kislota ajratib olinmagan. Yuqorida keltirilgan tenglamada olingan mahsulot ishqorlarda eriydi, natijada *gidrostannatlar* hosil bo'ladi:



Eritmadan ajratib olingan kristall tarkibini  $\text{Na}_2\text{SnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  orqali ifodalash mumkin. Bu modda matolarni bo'yashda ishlatiladi.

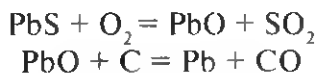
$\beta$ -qalay kislota qalayga konsentrlangan nitrat kislota ta'sirida hosil bo'ladi:



Bu modda kislotalarda ham, ishqorlarda ham erimaydi, lekin ishqorlar bilan suyuqlantirilgan holga keltirilganda eriydigan stannitlar hosil bo'ladi.

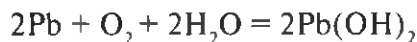
Agar  $\alpha$ -qalay kislota eritmadan ajratib olinmasdan eritmada qoldirilsa, vaqt o'tishi bilan  $\beta$ -qalay kislotaga aylanadi.

**Qo'rg'oshin.** Bu metall galenit (qo'rg'oshin yaltirog'i)  $\text{PbS}$  dan olinadi. Bu ruda kislorodli sharoitda kuydiriladi va koks ishtirokida qaytariladi:



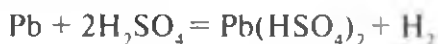
Toza yangi qirqilgan qo'rg'oshinning yuzasi kulrang ko'kish tusli, yaltiroq bo'ladi, lekin havo kislorodi ta'sirida tez xiralashib qoladi. Bu metall yumshoq bo'lib, uni pichoq bilan kesish mumkin. Issiqlik va elektr tokini o'tkazish xossasi kumushnikidan 10 marta kam. Qizdirilgan qo'rg'oshin kislorod, oltingugurt va galogenlar bilan birikadi va tegishli birikmalar hosil qiladi.

Toza suv qo'rg'oshinga ta'sir qilmasa ham, havo kislorodi ishtirokida oksidlab,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  ni hosil qiladi:

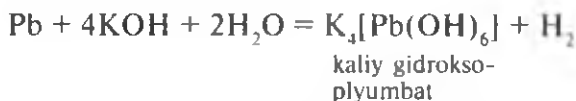


Tarkibida gidrokarbonatlar va sulfatlar bo'lgan qattiq suv qo'rg'oshin yuzasida yupqa, lekin qattiq qo'rg'oshin sulfat va asosli karbonat tuzlarini hosil qilib, uni korroziyalanishdan saqlaydi.

Qo'rg'oshin nitrat va sirka kislodada yaxshi eriydi, lekin metall yuzasida suvda erimaydigan  $PbSO_4$  va  $PbCl_2$  hosil bo'lishi tufayli  $H_2SO_4$  va  $HCl$  da erimaydi. Konsentrlangan va qizdirilgan sulfat kislodada eruvchan nordon tuz hosil qiladi:

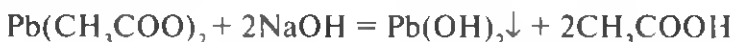


Qo'rg'oshin ishqorlarda asta-sekin eriydi:



*Oksidlanish darajasi* +2 ga teng bo'lgan qo'rg'oshin birikmalaridan qo'rg'oshin glyoti  $PbO$  metallni kislorod ishtirokida qizdirib olinadi (sariq tusli).  $Pb(NO_3)_2$  yoki  $PbCO_3$  termik parchalanganda qizg'ish rangli *massicot* deb atalgan oksid hosil bo'ladi.  $PbO$  suvda deyarli erimaydi,  $HNO_3$  va  $CH_3COOH$  da erib  $Pb^{2+}$  birikmalarini hosil qiladi. Bu oksid konsentrlangan ishqor eritmasida erib  $[Pb(OH)_3]^-$  va  $[Pb(OH)_4]^{2-}$  tuzlarini hosil qiladi.

Qo'rg'oshin(II) gidroksid suvda eriydigan tuzlariga ishqor eritmasi ta'sir ettirib hosil qilinadi:



Bu modda oq rangli, suvda yomon eriydi, suvda  $CO_2$  ni yutib,  $PbCO_3$  ni hosil qiladi.  $Pb(OH)_2$  amfoter xossaga ega, uning kislotali xossasi asosli xossasidan kuchsizroq.

Qo'rg'oshin(II) tuzlaridan faqat ikkitasi — nitrati va asetati suvda eriydi, eritmalari rangsiz; qolgan tuzlari —  $PbCl_2$ ,  $PbSO_4$ ,  $PbI_2$ ,  $PbS$  suvda erimaydi.

*Oksidlanish darajasi* +4 bo'lgan birikmalari.

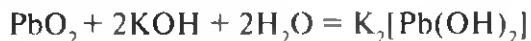
Qo'rg'oshin(IV) gidrid  $PbH_4$  qalay gidridiga nisbatan barqaror emas. Qo'rg'oshin(IV) oksid  $PbO_2$  metallning ikki valentli birikmalarini oksidlab olinadi:



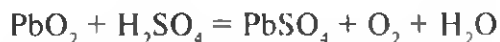
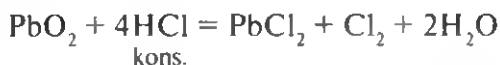
Bu oksid qora-qo'ng'ir tusli kukun bo'lib, suvda erimaydi, qizdirilganda parchalanadi:



PbO<sub>2</sub> ishqorlar bilan suyuqlantirilganda suvda eriydigan geksagidrok-soplyumbatlarni hosil qiladi:



PbO<sub>2</sub> kuchli oksidlovchi:

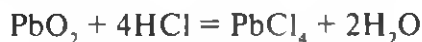


Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ni PbO va PbO<sub>2</sub> aralashmasi deb qarashga quyidagi jarayon asos bo'ladi:



Bu modda ko'proq *plyumbat kislotaning qo'rg'oshin(II)li tuzi* Pb<sub>2</sub>[PbO<sub>4</sub>] deb tasvirlanadi, lekin kristall panjarada Pb<sup>2+</sup>, Pb<sup>4+</sup> va O<sup>2-</sup> bo'lsa ham, PbO<sub>4</sub> zarrachalari mavjud emas.

Qo'rg'oshin(II) xlorid PbO<sub>2</sub> ning past temperaturali konsentrlangan eritmasi ta'sirida hosil bo'ladi:



Lekin uy temperaturasida u oson parchalanadi:



PbCl<sub>4</sub> ishqoriy metallar galogenidlari ishtirokida koordinatsion birikmalar hosil qiladi:



Agar PbCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>Cl lar aralashmasining suspenziyasi orqali Cl<sub>2</sub> o'tkazil-sa, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[PbCl<sub>6</sub>] hosil bo'ladi. Bu modda sovuq konsentrlangan sulfat kislotada ta'sirida sariq moysimon suyuqlikka, -15 °C da kristall holdagi moddaga aylanadi.

**Qo'rg'oshin va uning birikmalari** xalq xo'jaligida ko'p ishlatiladi. Toza holdagi qo'rg'oshin kimyoviy aktiv moddalar ta'siriga chidamli. Uning qotishmalari sanoatda keng qo'llanadi, undan mashinasozlikda podshipniklar, akkumulatorlar, sun'iy billur, emal bo'yoqlar (surik, xrom sarig'i PbCrO<sub>4</sub>), gugurt tayyorlashda (S, P va PbO<sub>2</sub> aralashmasi), qalay bilan qotishmasi kavsharlash vositasi sifatida ishlatiladi. Qo'rg'oshinning kovalent xususiyatga ega bo'lgan metallorganik birikmasi — tetraetilqo'rg'oshin Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> suyuq modda, oksidlovchi xossaga ega emas, suvda gidrolizga uchramaydi. U oz miqdorda benzina aralashtirilsa, antidetonatsiya xususiyatli yoqilg'i hosil bo'ladi. Bu modda hayot uchun xavfli hisoblanadi.



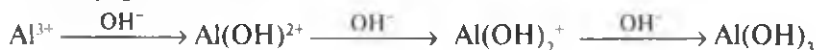
1.  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  va  $HCl$  kislotaning (suyul. va kons.) qaysilarini aluminiydan yasalgan idishda saqlash mumkin? Izohli javob bering. Tegishli reaksiyalar tenglamalarini molekular va ionli ko'rinishda yozing.
2. Quyidagi genetik o'zgarishlarni:  
 $Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow K_3[Al(OH)_6] \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al$   
 amalga oshiradigan reaksiya tenglamalarini molekular va ionli holda yozing.
3. a) 48 g oltingugurt; b) 8,4 g azot va d) 18 g uglerod bilan reaksiyaga kirishadigan aluminiy massalarini hisoblang.
4. Aluminiydan yasalgan qozonda natriy karbonat eritmasida rux plastinkasi qaynatilgan. Shu jarayonda sodir bo'ladigan reaksiya tenglamalarini molekular va ionli ko'rinishda yozing.
5. 0,2 mol aluminiy xlorid eritmasi bilan 0,3 mol natriy sulfid eritmasi aralashtirildi. Reaksiyadan keyin eritmada qaysi moddadan qancha miqdorda, cho'kmada qanday modda qolganini va uning miqdorini hisoblang.
6. Massasi 0,3 g bo'lgan aluminiy xlorid bug'i  $315^\circ C$  va 90 kPa bosimda 0,61 l hajmni egallaydi. Shu ma'lumotlardan foydalanib, normal sharoitda aluminiy xloridning molekular massasini hisoblang.
7. Aluminiy ionining gidroliz reaksiyasi oddiy sharoitda faqat ikki bosqichda sodir bo'lishi ma'lum. Shunday sharoitda gidrolizning ikkinchi bosqichida muvozanatni o'ng tomonga siljitib  $Al(OH)_3$  ni hosil qilish uchun eritmaga ishqor eritmasi qo'shish lozim. Sodir bo'lgan jarayonni tushuntirishda quyidagi ikki holatdan qaysi biri to'g'ri bo'ladi?

a) ishqorning gidroksid ionlari gidroliz jarayonida

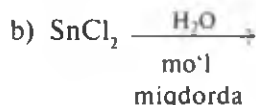
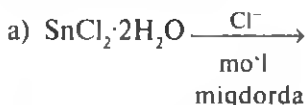


hosil bo'lgan  $H^+$  ionini bog'laydi va muvozanat Le Shatelye prinsipiga binoan o'ng tomonga siljiydi;

b) eritmaga qo'shilgan gidroksid ionlari aluminiy ionlari bilan bevosita reaksiyaga kirishadi:



8. Quyidagi genetik o'zgarishlar uchun molekular va ionli tenglamalarni tuzing:  $Sn \rightarrow Sn(NO_3)_2 \rightarrow SnS \rightarrow [SnCl_3]^- \rightarrow [Sn(OH)_4]^- \rightarrow Sn(OH)_2$
9. Tarkibi  $SnCl_2 \cdot nH_2O$  ( $n = 1, 2$ ) bo'lgan modda uchun koordinatsion birikma ko'rinishidagi formulalarni tuzing, ularning geometrik tuzilishi va nomlarini yozing.
10. Quyidagi sxema bo'yicha hosil bo'lishi mumkin bo'lgan mahsulotlar formulalarini yozing:



11. Qalay(IV) florid  $\text{SnF}_4$  700 °C da bug'lanadi, birikmada Sn atomi oktaedr markazida joylashgan bo'lsa, molekulaning geometriyasi qanday bo'lishi mumkin?
12. Quyidagi reaksiya tenglamalarini tugallang:
- a)  $\text{Sn} + \text{HNO}_3 \rightarrow$   
kons.
- b)  $\text{Sn} + \text{KOH} \rightarrow$
- d)  $\text{SnCl}_2 + \text{FeCl}_3 \rightarrow$
- e)  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- f)  $\text{Sn} + \text{HNO}_3 \rightarrow$   
suyult.
13. To'rtta probirkada  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ning 0,1 M eritmasi mavjud. Har bir probirkaga aralashtirib turgan holda 0,1 M li KCl, KBr, KI va KF eritmalaridan tomchilatib qo'shilganda qaysi probirkada cho'kma hosil bo'ladi?
14. Qalay va qo'rg'oshin qotishmasi bilan konsentrlangan nitrat kislotasidagi reaksiya oxirigacha olib borildi. Eritmada va cho'kmada qanday mahsulotlar hosil bo'ladi? Reaksiya tenglamalarini tuzing.

## XI 8. Oraliq elementlar xossalari

Titan birikmalari tabiatda keng tarqalgan. Bu jihatdan u temir, aluminiy va magniydan keyin to'rtinchi o'rinni egallaydi. Har qanday tuproqda uning miqdori taxminan 0,5% ni tashkil etadi. Muhim birikmalari titan(IV) oksid, ilmenit (temir titanat)  $\text{FeTiO}_3$ , perovskit (kalсий titanat)  $\text{CaTiO}_3$ , silikatlarda ko'p uchraydi. Toza titan olish uchun uning tetraxloridi magniy bilan qaytariladi. Juda toza titan oz miqdorda yodid usulida olinadi: germetik idishda titan va yod kukuni 200 °C gacha qizdiriladi. Shu idish ichida 1500 °C gacha qizdirilgan titan simi ustida  $\text{TiJ}_4$  termik parchalanadi, yod reaksiyada yana qatnashadi:



Bu element birikmalarda +4, +3 va +2 oksidlanish darajasiga ega bo'ladi.

Toza titanning tashqi ko'rinishi po'latni eslatadi, past temperaturada kislorod ta'siriga turg'un, yuqori temperaturada havo kislorodida alan-galanib  $\text{TiO}_2$  hosil qiladi. 300 °C da xlor titanni oksidlab  $\text{TiCl}_4$  ni hosil qiladi. Nam havo, dengiz suvi, nam xlor, suyuq  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va ishqorlar eritmasida turg'un. Xona temperaturasida oksidlovchi kislotalarda asta-sekin eriydi. 500 °C da  $\text{O}_2$ , 600 °C da  $\text{N}_2$ , xlordan boshqa galogenlar bilan 200 °C da reaksiyaga kirishadi.

*Titan gidrid*  $\text{TiH}_x$  ( $x = 0,5-2$ ) turg'un emas, qizdirilganda erkin holdagi vodorod ajralib chiqadi. 1 g titanga 407  $\text{sm}^3$  vodorod yutiladi.

*Titan karbid*  $\text{TiC}$  qora tusli kristall yoki amorf modda bo'lib 2780 °C da suyuqlanadi, suv bilan reaksiyaga kirishmaydi,  $\text{HNO}_3$  da parchalanadi, qattiq modda, charxlashda ishlatiladi.

*Titan nitrid*  $TiN_x$  ( $x = 0,56-1$ ) kristall modda,  $3000^\circ C$  da suyuqlanadi, uning elektr o'tkazuvchanligi titannikidan 2 marta yuqori. Ko'pchilik kislota  $HCl$ ,  $H_2SO_4$  da (suyul.) va ishqorlar ( $NaOH$ ,  $KOH$ ) da nisbatan turg'un. Korroziyaga va ishqorlar ta'siriga chidamli. Qotishmalar tayyorlashda ishlatiladi.

Titan(IV) oksid suvda va suyultirilgan kislotalarda erimaydi. Qizdirilgan konsentrlangan sulfat kislotalarda sekin eriydi va  $Ti(SO_4)_2$  hosil qiladi. Bu tuz sovuq suvda eriydi, iliq suvda gidrolizga uchrab  $\beta$ -titan yoki metatitan kislota hosil qiladi. Bu holat titan gidroksidi kuchsiz asos xossasiga ega ekanligidan dalolat beradi. Titan(IV) sulfat eritmasiga ishqoriy metallar sulfati aralashtirilganda qo'shaloq tuz  $Na_3[Ti(SO_4)_3]$  hosil bo'ladi.

Titan(IV) gidroksid titan sulfatga ishqor ta'sir ettirib iviq cho'kma holida olinadi. U kuchsiz amfoter xossaga ega, kislota va asos xossalari zaif ifodalangan. Bu modda olovga bardosh shishalar, emallar, sirlar, oq moy bo'yog'i sifatida qo'llanadi.

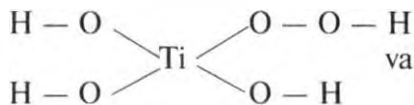
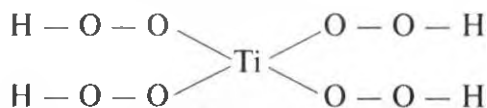
Titan(II) oksid oltinsimon qizg'ish tusli kukun, u hosil bo'lish usuliga qarab o'zgaruvchan (bertollidlar turkumiga kiradi) tarkibli ( $TiO_{0,69}-TiO_{1,33}$  oralig'ida) bo'ladi.  $TiO$  sulfat va xlorid kislotalarda eriganda  $Ti(III)$  tuzlari (binafsha rangli) va vodorod hosil bo'ladi:



Titan(II) gidroksid titan(II) tuzlariga ishqor ta'siri natijasida hosil bo'ladi, havoda turg'un emas, qora rangli holdan binafsha rangli  $Ti(OH)_3$  ga va yana oksidlanish natijasida oq rangli  $Ti(OH)_4$  ga aylanadi.

*Titan kislotalari*  $H_2TiO_3$  yoki  $TiO(OH)_2$  holida bo'ladi. Suvda erimaydigan mahsulot, konsentrlangan sulfat kislotalarda sekin eriydi. Uning gidratlangan holati — *ortoitan* kislota  $H_4TiO_4$  suyuq mineral kislotalarda uy temperaturasida eriydi.

*Titan(IV) peroksobirikmalari*



ravshan qovoq tusli eritmalar hosil

qiladi. Ularning tuzlari ham ma'lum.

*Titan xloridlari*  $TiCl_4$  — rangsiz, havoda tutaydigan (bug'lari havo nomi ta'sirida gidrolizga uchrashi natijasi) suyuqlik (qo'rg'oshinning shunday tarkibli birikmasini eslatadi)



reaksiya bo'yicha  $TiCl_4$  ni olish mumkin. Titan tetraxlorid siklopentadiyenilning natriy bilan reaksiyasi natijasida hosil bo'ladigan birikma dixlorobis ( $\eta$ -siklopentadiyenil)titan (XI. 9-rasm) qizil rangli kristall modda,  $289-291^\circ C$  da suyuqlanadi, havodagi katalizator va titan organik birikmalarni olishda boshlang'ich modda sifatida keng qo'llanadi.  $TiCl_3$  azotni bog'lash reaksiyasida qatnashadi, u qizg'ish-binafsha tusli kristall,  $500^\circ C$  da parchalanadi.



Suvda eriydi, nam havoda oksidlanadi va gidrolizga uchraydi.  $TiCl_4$  ning metall holdagi titan bilan reaksiyasi natijasida hosil bo'ladi:



Bu modda Sigler — Natt katalizatorning tarkibiy qismidir.

**Xrom.** Bu element VIB gruppachada joylashgan bo'lib, uning valent pog'onachalari ...  $4s^1 3d^5$  elektron konfiguratsiya bilan tugallanadi. Uning birikmalarida oksidlanish darajasi +2, +3 va +6 bo'ladi.

Xromning tabiiy birikmalaridagi miqdori 0,02 foiz bo'lib, eng muhim bo'lgan birikmasi xrom temirtosh  $FeO \cdot Cr_2O_3$  dir. Bu birikma temirli qotishma—ferroxromni to'g'ridan-to'g'ri po'latga aralashtirib tegishli tarkibli mahsulotlar olishda ishlatiladi.

Xrom(III) oksididan aluminotermik usulda toza xrom olinadi. Xrom juda qattiq yaltiroq metall,  $1890^\circ C$  da eriydi, zichligi  $7,2 \text{ g/sm}^3$  ga teng.

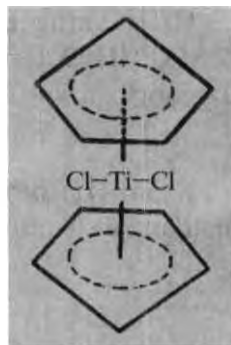
Xrom oddiy sharoitda havo kislorodi va suvga nisbatan turg'un (uning yuzasidagi mustahkam oksid parda  $Cr_2O_3$  metallni korroziyadan saqlaydi). Suyultirilgan sulfat va xlorid kislotada vodorod ajratib eriydi, konsentrlangan nitrat kislotada sekin eriydi.

Xromning kislorodli birikmalari uch xil: xrom(II) oksid asos xossaga, xrom(III) oksid  $Cr_2O_3$  amfoter xossaga, xrom(VI) oksid kislotali xossaga ega.

Xrom(II) birikmalarini xrom(III) tuzlari eritmalaridan rux bilan, metall holdagi xromni vodorod atmosferasida qaytarib olish mumkin.

Xrom(II) oksid (qora tusli) xromning simobdagi eritmasi — amalgamasini havoda qizdirilganda hosil bo'ladi, qizdirish davomida mahsulot yashil rangli  $Cr_2O_3$  ga aylanadi.

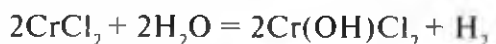
Xrom(II) xlorid  $CrCl_2$  ni olish uchun  $CrCl_3$  ni  $N_2$  atmosferasida yoki xromni HCl atmosferasida qizdirib olish mumkin. Suvsiz  $CrCl_2$  rangsiz bo'lsa, uning suvli eritmasi ko'k rangli bo'ladi. Bug' holda ( $1500^\circ C$ ) bu modda tarkibi  $Cr_2Cl_4$  formulaga javob beradi.



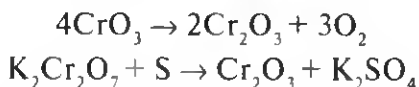
XI. 9-rasm.  
Dixloro-bis  
( $\eta$ -siklopenta-  
diyenil)titaning  
tuzilishi.



Cr(II) ning eritmadagi ko'pchilik xossalari  $\text{FeCl}_2$  nikiga o'xshash,  $\text{CrSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  temirning shunday birikmasi bilan bir xil kristall panjara (izomorfizm xususiyati) hosil qiladi. Lekin suvda juda oson oksidlanadi:



Xrom(III) birikmalaridan oksidi  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ni  $\text{CrO}_3$  dan, yoki kaliy bixromatdan olish mumkin:



Bu moddani  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  ni qizdirib ham olish mumkin. Oxirgi reaksiyada kristall holdagi  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  hosil bo'ladi. Oz miqdordagi  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ning  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bilan aralashmasidan *yoqut* tosh tayyorlanadi.

Xrom(III) xlorid suvli eritmada gidratlangan holda bo'lib, uning uch turi ajratib olingan:

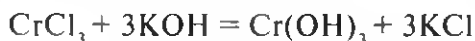
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — to'q yashil rangli dixlorotetraakvoxrom(III) xlorid digidrati;

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  — och yashil rangli xloropentaakvoxrom(III) xlorid gidrati;

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  — binafsha rangli geksaakvoxrom(III) xlorid. Bu birikmalarda xromning koordinatsion soni 6 ga teng, tarkibi bir xil, xossalari har xil bo'lgan gidrat izomeriyasiga yaqqol misol bo'ladi.

Xromning pushti rangli  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  tuzi suvda eritilganda binafsha rangli  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  hosil bo'ladi. Xrom(III) sulfat aluminiy kabi xromkaliyli achchiqtosh  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  binafsha rangli izomorf kristallar hosil qiladi.

Xrom(III) gidroksid  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  tuzlariga ishqor eritmasi qo'shilganda kulrang-ko'k cho'kma holida hosil bo'ladi:



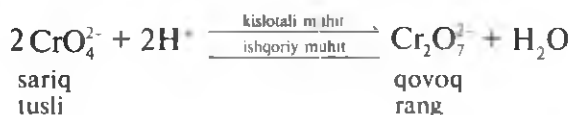
Bu modda Al va ruxning gidroksidlari kabi amfoter xususiyatga ega:



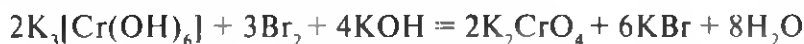
Agar xromning oksidi  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ni ishqorlar bilan suyuqlanma holiga o'tkazilsa, u vaqtda xrom  $\text{Cr}(\text{OH})_3 \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{CrO}(\text{OH})$  sxemasi bo'yicha kislota ko'rinishida  $\text{H}_3\text{CrO}_3 \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{HCrO}_2$  ortoxromit holatidan metaxromit shakliga o'tishi kuzatiladi. Xromning tabiiy birikmasi xrom temirtosh  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$  ni xromit kislotaning temir(II) tuzi deb qarash mumkin.

*Oksidlanish darajasi* +6 bo'lgan xrom birikmalaridan xrom(VI) oksid — bixromat  $H_2Cr_2O_7$  kislota tuzlarining konsentrlangan eritmasiga konsentrlangan sulfat kislota qo'shilganda to'q qizil rangli ignasimon kristallar holida ajratib olinadi. Bu oksid suvda juda yaxshi erib sariq-qovoq rangli xromat kislota  $H_2CrO_4$  va dixromat kislota  $H_2Cr_2O_7$  ni hosil qiladi. Bu kislotalar kuchli elektrolit xossaga ega, lekin ular eritmalardan ajratib olinmagan, chunki suvni bug'latish jarayonida mahsulot batamom suvini yo'qotib  $CrO_3$  ga aylanadi. Lekin xromat va bixromat kislotalar tuzlari ma'lum.

Xromat kislota tuzlari sariq tusli, dixromatlar esa qovoq rangli bo'ladi. Eritmada  $CrO_4^{2-}$  va  $Cr_2O_7^{2-}$  ionlari orasida muvozanat holat mavjud:



Ishqoriy metallar xromatlarini olish uchun ularning eritmalarini ishqoriy sharoitda oksidlash kifoya qiladi:

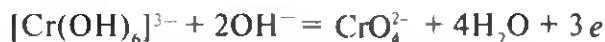


Bu jarayonda ko'k-yashil rangli xromit sariq tusli xromatga aylanishi kuzatiladi.

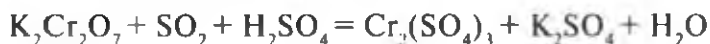
Xrom(VI) birikmalarida oksidlanish-qaytarilish jarayoni eritmadagi kislota-ishqoriy vaziyatga qarab turlicha bo'lishi quyidagi muvozanat bilan bog'liq:



ishqoriy muhitda esa



Kislota va ishqoriy sharoitda xrom(III) oksidlanganda eritmaning pH qiymati kamayadi; teskari jarayon — xrom(VI)ning qaytarilishi eritmada bu qiymatning ortishi bilan sodir bo'ladi. Shu sababli eritma kislotaliligi ortganda xrom(VI)ning xrom(III)ga o'tish va aksincha — ishqoriy sharoitda xrom(III)ning oksidlanishi sodir bo'ladi. Quyidagi sxemalarni o'quvchilarga yuqorida aytilgan holatlarni tasdiqlash maqsadida keltiramiz:



**Marganes.** Bu element VIIIV gruppada bo'lib, uning valent elektron pog'onachalari ...  $4s^23d^5$  bilan tugallanadi. Marganesning tashqi pog'onasida 2 ta elektron bo'lsa ham o'ziga elektron (galogenlar kabi) yoki vodorod biriktirmaydi.

Marganes tabiatda ko'p tarqalgan. Uning piroluzit  $MnO_2$ , gasmanit  $Mn_3O_4$  va braunit  $Mn_2O_3$  kabi oksidlari amaliy ahamiyatga ega.

Marganes birikmalaridan metallotermiya — karbotermiya (oksidlarini koks bilan qaytarish), siliko- yoki aluminotermiya usulida qaytarib olinadi. Metallni tozalash uchun olingan mahsulot sulfat kislotada eritiladi va elektroliz usulida qaytariladi (rafinatsiya).

Marganes oq-kumushsimon metall, havoda oson oksidlanadi,  $450^\circ C$  dan pastda  $MnO_2$ ,  $800^\circ C$  da ichki qatlami  $MnO$ , tashqi qavati yupqa oksid parda bilan qoplanadi. Qizdirilganda S, N, P, C, Si va boshqa metallmaslar bilan birikadi. Suv bilan xona temperaturasida juda sekin, qizdirilganda tezroq reaksiyaga kirishadi. Suyultirilgan xlorid, nitrat va sulfat kislotada bilan reaksiyaga kirishib  $Mn^{2+}$  tuzlarini hosil qiladi.

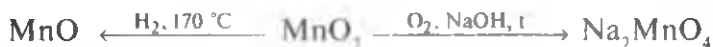
Galogenlar bilan  $MnCl_2$  (faqat fluor bilan hatto  $MnF_3$  va  $MnF_4$ ) tuzlarini hosil qiladi. 100 g metall qirindisi  $60\text{ sm}^3$  vodorodni yutib qattiq eritma hosil qilishi aniqlangan. Ikki valentli galogenidlarni olish uchun  $MnO_2$ ,  $MnO$ ,  $MnCO_3$  larning galoidvodorodlar bilan reaksiyasidan,  $MnCl_3$  ni olish uchun  $MnO_2 + HCl$  reaksiyasidan ( $60^\circ C$  da etanol muhitida o'tkazish mumkin) foydalaniladi. Olingan mahsulot  $40^\circ C$  da  $MnCl_2$  va  $Cl_2$  ga parchalanadi.

Marganes azot bilan  $Mn_3N_2$ ,  $Mn_xN$  ( $x = 9,2-25,3$ ), fosfor bilan  $MnP$ ,  $MnP_3$ ,  $Mn_2P$ ,  $Mn_3P$ ,  $Mn_3P_2$ ,  $Mn_4P$ , uglerod bilan  $Mn_3C$ ,  $Mn_5C_2$ ,  $Mn_{15}C_4$ ,  $Mn_7C_3$ ,  $Mn_{23}O_6$ ,  $Mn_8C$ , karbidlarni; kremniy bilan esa  $MnSi$ ,  $MnSi_{1,7}$ ,  $Mn_3Si$  va  $Mn_5Si_3$  silitsidlarni hosil qiladi.

Marganes(II) gidroksidi  $Mn(OH)_2$  juda kuchsiz asos, suvda yomon eriydi, oq rangli, suvli sharoitda eritma orqali havo kislorodi diffuziyasi natijasida oksidlanadi va  $MnO_2$  ga aylanishi hisobiga qoramtir rangga bo'yaladi.

Yuqori valentli gidroksidlari erkin holda ajratib olinmagan, lekin  $H_4MnO_4$  (ortomanganit kislota),  $H_2MnO_4$  (manganat kislota) va  $HMnO_4$  (permanganat kislota) tuzlari ma'lum.  $MnO$  kuchsiz asos, qaytaruvchi moddalar (vodorod, ishqoriy metallar) marganes oksidlarini marganes-gacha oson qaytarishadi.

$MnO_2$  — piroluzit amfoter xususiyatga ega:  $MnCl_4$  ga yoki manganat kislota tuzlariga oson aylanishi mumkin:



$\text{MnO}_2$  ning kislotali va asosli xossalari juda kuchsiz.

Ammiakni oksidlay oladi:



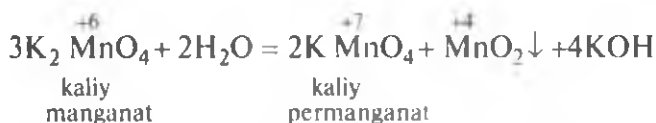
Pirolyuzit yuqori temperaturada qizdirilganda quyidagi mahsulotlarni hosil qiladi:



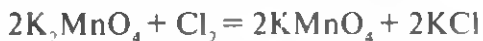
Manganat kislota tuzlarini hosil qilish uchun  $\text{MnO}_2$  ni ishqoriy metallarning karbonati va nitriti aralashmasi bilan suyuqlantirish lozim:



natijada suvda chiroyli, ravshan yashil rangli, noturg'un birikma—manganat tuzi hosil bo'ladi. Havoda turganda manganat disproporsiya reaksiyasida qatnashadi:



Marganesning eng yuqori oksidlanish darajasidagi birikmasi  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  va unga taalluqli bo'lgan erkin holda ajratib olinmagan permanganat kislota tuzini olish uchun manganat kislota tuzini oksidlash lozim:



$\text{Mn}_2\text{O}_7$  kuchli kislotali oksid, uning kislotali eng kuchli elektrolitlar qatoridan o'rin olgan.  $\text{KMnO}_4$  laboratoriyalarda kuchli oksidlovchi sifatida qo'llaniladi. Bu modda eritmaning muhitiga qarab uch xil mahsulot hosil qilib qaytariladi.

$\text{KMnO}_4$  ning qaytarilish mahsulotlar sxemasi VII bobda keltirilgan.

$\text{KMnO}_4$  laboratoriyalarda kislorod olish maqsadida keng qo'llaniladi:



**Temir.** Davriy sistemaning VIII B gruppachasining temir oilasi *d*-elementlar temir, kobalt va nikel dan iborat. Bu elementlar tashqi pog'onasida ikkitadan 4*s*-elektronlardan tashqari ularning yuqori oksidlanish darajasini amalga oshirishda ichki pog'onaning 3*d*-pog'onacha elektronlari ishtirok etganda +3, +4 va temir esa +6 oksidlanish darajasiga ham o'tadi.

Temir tabiatda tarqalishi bo'yicha aluminiydan keyingi metallidir (Yer qobig'ining 4 foiz massasini tashkil etadi). Uning birikmalari orasida oksidlar, sulfidlar va silitsidlar uchraydi.

Muhim bo'lgan rudalardan magnit temirtosh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , qizil temirtosh (gematit)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , qo'ng'ir temirtosh  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , siderit  $\text{FeCO}_3$ , pirit  $\text{FeS}_2$  (sulfat kislota ishlab chiqarishda qo'llanadi). Temir kumushsimon yaltiroq, uni bolg'alash, kesish, unga mexanik ishlov berish, toblash oson va shu bilan uning puxtaligini oshirish mumkin.

Juda yuqori darajada tozalangan temirning (qo'shimchalari 0,001 dan ham kam) magnit xossasi yuqori, oson payvandlanadi, lekin kimyoviy aktivligi ancha past, shu sababli korroziyaga bardoshli, turli konstruksiyalar (qurilish jihozlari) yasashga yaroqsiz. Unga tegishli miqdorda legirlovchi metallar qo'shilsa, uning mustahkamligi 25—30 marta ortadi.

Temirning ikki xil kristall modifikatsiyasi:  $\alpha$ - va  $\gamma$ -ma'lum. Birinchisining hajmi markazlashgan kub shaklida, ikkinchisniki esa yonlari markazlashgan kub shaklida bo'ladi.  $\gamma$ -temir 912—1394 °C oralig'ida mavjud bo'lib, 912 °C dan pastda va 1394 °C dan suyuqlanish temperaturasigacha (1540 °C)  $\alpha$ -temir turg'un bo'ladi. Cho'yandan olinadigan temir tarkibida ma'lum miqdorda uglerod (grafit holdida) bo'ladi.  $\alpha$ -temirda uning miqdori juda kam,  $\gamma$ -temirda esa ko'proq eriydi va termodinamik jihatdan turg'unroq bo'ladi. Uglerodning  $\alpha$ -temirdagi eritmasi *ferrit*,  $\gamma$ -temirdagi qattiq eritmasi esa *austenit* deb ataladi.

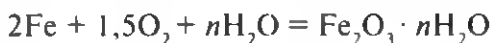
Temir qotishmalari xalq xo'jaligida katta ahamiyatga ega. Kimyoviy jihatdan ular ikki qismga: *uglerodli* va *legirlangan* qotishmalarga bo'linadi.

Temirning uglerodli qotishmalari tarkibida uglerod miqdori 2,15% gacha bo'ladi; uning tarkibida bundan tashqari boshqa ko'p xil elementlar ham mavjud. Legirlangan po'lat tarkibida xrom, nikel, marganes, kremniy, molibden va vanadiy kabi qo'shimchalar bo'ladi. Qo'shimchalar tufayli paydo bo'ladigan karbidlar (masalan,  $\text{Mn}_3\text{C}$ ,  $\text{Cr}_2\text{C}$ ,  $[\text{Fe}_2\text{Cr}]_3\text{C}$  lar) po'lat xossalarini o'zgartiradi, ularning ba'zilari konstruksion (~1% xrom, 1—4% nikel, 1—1,5% marganes) po'latlar yoki qattiqligi, mustahkamligi hamda yedirilishga chidamliligi yuqori bo'lgan asbobbop po'latlar turkumiga kiradi. Tarkibida xrom va volfram tutgan asbobbop po'latlar yuqori temperaturalarda ham metallarni kesish xususiyatini saqlab qoladigan asboblarni yasashda ishlatiladi.

Kimyo sanoati va texnikaning ayrim sohalarida qo'llanadigan zanglamas po'lat, o'tga va korroziyaga chidamli qotishmalarning ahamiyati katta.

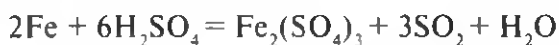
Quyida temirning muhim kimyoviy xossalari to'xtalib o'tamiz.

Temir nam havoda oson zanglaydi va yuza qatlami temir(III) oksidning gidrati bilan qoplanadi:



Bu qatlam zichligi juda kam bo'lishi sababli temirning ichki qismlari ham havo ta'sirida asta-cekin korroziyaga uchraydi.

Suyuq HCl va  $\text{H}_2\text{SO}_4$  da temir eriydi va  $\text{Fe}^{2+}$  ning tegishli birikmalari hosil bo'ladi. Konsentrlangan sulfat kislotada temir(III) sulfati hosil bo'ladi:



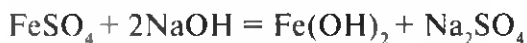
Toza, 100% li sulfat kislotada temir passivlashadi, shu sababli shunday kislotalar temir idishlarda saqlanadi.

Suyultirilgan va konsentratsiyasi yuqori bo'lmagan nitrat kislotada temir eriydi:

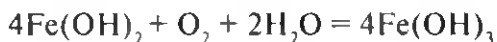


Kislotada konsentratsiyasi ortgan sari erish jarayoni sustlashadi va konsentrlangan nitrat kislotada temir passivlashgan holga o'tadi, bunday temir suyultirilgan kislotada erimaydigan bo'lib qoladi. Bu passiv parda mexanik jihatdan juda nozik, kuchsiz zarba yoki urib sindirish yo'li bilan uni shikastlash mumkin. Bunda temirning passiv yuzasi yemiriladi, uning aktivligi yana tiklanadi.

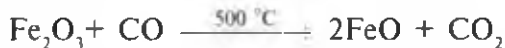
Temir(II) birikmalari, yuqorida qayd etilganidek, suyultirilgan HCl va  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ta'sirida hosil bo'ladi. Ularning suyultirilgan ishqor eritmasi bilan reaksiyasi natijasida temir(II) gidroksid hosil bo'ladi:



Hosil bo'lgan oq rangli cho'kma havoda yashil va so'ngra qo'ng'ir tusga o'tib oksidlanadi:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$  dan FeO olib bo'lmaydi (oksidlanishi tufayli), uni  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ni CO ishtirokida qaytarib olish mumkin:



FeO qoramtir tusli, oson oksidlanadigan kukun;  $\text{Fe}^{2+}$  birikmalari qaytaruvchi sifatida ishlatiladi.



**Muhim birikmalari.** Temir(II) xlorid  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  temir(II) nitrati, temir(II) kuporosi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Bu tuzlar suvda yaxshi eriydi, ular och yashil tusli, eritmada gidrolizga uchraydi va havo kislorodi ishtirokida  $\text{Fe}^{3+}$  gacha oksidlanadi.

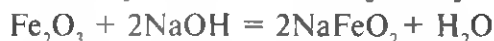
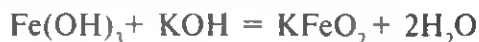
Suvda yomon eriydigan birikmalari: temir(II) sulfid  $\text{FeS}$  qora rangli, karbonati  $\text{FeCO}_3$  (oq tusli) amorf modda.

Tabiatda uchraydigan siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) suvda erishiga havodagi uglerod(IV) oksid sabab bo'ladi:



Shu sababli ba'zi mineral suvlar tarkibida temir(II) ionlari ham uchraydi. Eritmada temir(II) gidrokarbonat turg'un emas, kislorod ta'sirida oksidlangan temir gidroksid —  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  holda cho'kmaga o'tadi.

Temir(III) tuzlariga ishqorlar eritmasi ta'sir ettirilsa amorf holdagi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  cho'kmasi hosil bo'ladi. Bu modda kislotalar eritmasida  $\text{Fe}^{3+}$  tuzlariga aylanadi. U ishqorlarning konsentrlangan eritmasida ham eriydi, boshqacha aytganda  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  amfoter xossaga ega, lekin uning kislotali xossasi  $\text{Al}(\text{OH})_3$  nikiga qaraganda ancha kuchsiz.

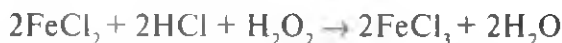


Temir kukunining kaliy nitrat bilan aralashmasi qizdirilganda hosil bo'lgan mahsulot suvda eritilganda binafsha tusli kaliy ferrat  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  olingan. Uning pushti rangli bariyli tuzi  $\text{BaFeO}_4$  suvda yomon eriydi.  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  va  $\text{K}_2\text{SO}_4$  bir-biriga nisbatan izomorf xususiyatga ega. Temir(VI) ionining oksidlovchilik xossasi  $\text{MnO}_4^-$  nikidan yuqori ekanligi aniqlangan. Ferrat kislota  $\text{H}_2\text{FeO}_4$  erkin holda ajratib olinmagan.

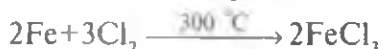
Fe(II) birikmalari qo'shaloq tuzlar hosil qiladi:

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  — Mor tuzi, suvda yaxshi eriydi, oksidlanishga turg'un modda.

Temir(III) birikmalarini olish uchun  $\text{Fe}^{2+}$  tuzlariga oksidlovchilar ta'sir ettiriladi:

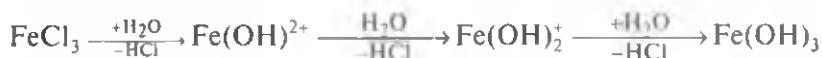


Fe kukunini xlor oqimida qizdirib  $\text{FeCl}_3$  olish qulay:

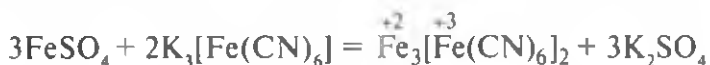


Bu modda molekular massasi  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  bo'lgan formulaga javob beradi, uning tuzilishi  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  ga o'xshash, havodagi namni o'ziga tortib namiqadi va eritma holiga ham o'tishi mumkin, chunki bu modda barqaror gidratlangan ion  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  holda bo'ladi. Eritmasi gidroliz tufayli kislotali

muhitga ega. Eritmadan yarimo'tkazgich parda (sellofanqog'oz, qoramol pufagi) orqali  $\text{Cl}^-$  anionlari dializ qilinsa, kolloid holdagi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  eritmasini olish mumkin, chunki  $\text{H}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlari eritmadan chiqarib yuborilishi tufayli gidroliz reaksiya muvozanati o'ng tomonga siljiydi:



Temir(III) sulfatni olish uchun  $\text{FeSO}_4$  ni  $\text{HNO}_3$  bilan oksidlab yoki  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ni sulfat kislotada eritish zarur. Eritmadan  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  yoki 9 mol suvli kristallgidrati shaklida kristallab ajratib olinadi. Ishqoriy metallar sulfatlari bilan temir(III) sulfatining to'yingan eritmasi aralashirilganda achchiqtosh, masalan, kaliy-temir achchiqtosh  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  kristallari ajralib chiqadi. Bu achchiqtosh aluminiy va xromning shunday birikmalari bilan izomorf xususiyatga ega. Uch valentli temirni koordinatsion birikmasi *qizil qon tuzi*  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  — kaliy geksatsianotemir(III) eritmasi sifat analizi o'tkazishda  $\text{Fe}^{2+}$  ioniga juda sezgir reaktiv hisoblanadi:



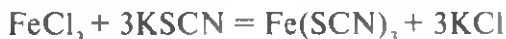
Hosil bo'lgan mahsulot tiniq ko'k rangli bo'lib, u *Turnbul ko'ki* deb ataladi.

$\text{Fe}^{3+}$  ioniga reaktiv sifatida *sariq qon tuzi*  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ishlatiladi:



(bunda  $x = 0,3-0,8$  va  $n = 12-24$ ), hosil bo'lgan tiniq ko'k rangli mahsulot *Berlin siri* (ba'zan *Parij ko'ki*) deb ataladi. Bu modda ko'k mineral bo'yoq sifatida mashhurdir.

Bu reaktivdan tashqari,  $\text{Fe}^{3+}$  ioniga sifat reaksiyasini o'tkazish uchun tiotsianat kislotasi tuzi, masalan,  $\text{KSCN}$  dan ham foydalaniladi:



$\text{Fe}(\text{SCN})_3$  tuzi suvda yomon dissotsilanadigan to'q qizil rangga ega.

Temir mamlakat ehtiyoji uchun katta ahamiyatga ega bo'lishidan tashqari hayot uchun zarur bo'lgan elementdir. O'simlik va hayvonot dunyosining hujayralari temirning murakkab modda va erkin ionlariga ega. Qonning qizil tusli *gemoglobini* ikki valentli temir ionining koordinatsion birikmasi bo'lib, u o'ziga kislorod molekulasini birlashtirish imkoniyatiga ega bo'lib, o'pkadan hujayralarga kislorod tashishdek muhim fiziologik vazifani o'taydi. Bundan tashqari, temir ionlari hujayralarda oksidlanish-qaytarilish fermentlari vazifasini ham bajaradi. Sitoxrom va nafas olish fermenti deb atalgan temir(II) va temir(III) ionlari organizm uchun oziq hisoblangan moddalarni oksidlashda qatnashadi.



## XI 9. Lantanoid va aktinoidlar

Davriy sistemadagi barcha elementlarning valent pog'onachalarining tuzilishi o'ziga xos xususiyatga ega, ularni quyidagicha gruppalashtirish mumkin:

– valent pog'onasining faqat  $s$ - orbitallari qatnashadigan I davrdagi vodorod va geliydan tashkil topgan 2 ta elementdan iborat oila;

– valent pog'onachasining faqat  $s$ - va  $p$ - orbitallari qatnashishi mumkin bo'lgan 8 ta elementdan tashkil topgan 2- va 3- kichik davr elementlaridan iborat bo'lgan elementlar;

– valent elektronlari vazifasini bajarishda  $s$ -,  $p$ - va  $d$ - elektron qobiqchalari qatnashadigan 4- va 5- davrlardagi har biri 18 ta elementlardan tashkil topgan katta davr elementlari;

– 6- va oxirgi tugallanmagan 7- davr elementlarining tarkibida 14 tadan  $4f$ - va  $5f$ - elektron orbitallarga ega bo'lgan  $f$ -elementlar oilasi lantanoidlar va aktinoidlar tutgan elementlarning 6-davrda 32 ta element bo'ladi.

### XI. 9.1. Lantanoidlar

Bu elementlar turkumiga berilgan nom valent qobiqning tashqaridan uchinchi qobiqchasida to'planib borishi ularning xossalari III gruppadagi lantan elementinikiga o'xshash bo'lishi kerak degan fikrni yuzaga keltirib chiqaradi. Bu elementlarning elektron konfiguratsiyasi, ularga xos bo'lgan valentliklari va ular uchun tipik bo'lgan oksidlanish darajasi +3 bo'lgan ionlari radiusi quyidagi jadvalda keltirilgan.

Lantanoidlarning ba'zi xossalari

Tartib raqami	Belgisi	Elektron konfiguratsiyasi					Valentligi			$E^{3+}$ radiusi, nm
		$4f$	$5s$	$6p$	$5d$	$6s$	2	3	4	
58	Ce	1	2	6	1	2	–	+	+	0,1034
59	Pr	3	2	6	0	2	–	+	+	0,1013
60	Nd	4	2	6	0	2	+	+	–	0,0995
61	Pm	5	2	6	0	2	–	+	–	0,0979
62	Sm	6	2	6	0	2	+	+	–	0,0967
63	Eu	7	2	6	0	2	+	+	–	0,0950
64	Gd	7	2	6	1	2	–	+	–	0,0988
65	Tb	9	2	6	0	2	–	+	+	0,0928
66	Dy	10	2	6	0	2	–	+	+	0,0908
67	Ho	11	2	6	0	2	–	+	–	0,0894
68	Er	12	2	6	0	2	–	+	–	0,0881
69	Tm	13	2	6	0	2	+	+	–	0,0899
70	Yb	14	2	6	0	2	+	+	–	0,0858
71	Lu	14	2	6	1	2	–	+	–	0,0848

Bu elementlarning NEM qiymatlari bir xil—1,1 ga teng. Erkin holdagi lantanoidlar tipik metallar xossasiga ega, ular havoda tez xiralashib, ko'pincha  $Me_2O_3$  tarkibli oksid parda (faqat seriy  $CeO_2$  ni) hosil qiladi. Ular havo tarkibidagi  $CO_2$  ni yutib, tegishli karbonatlarni hosil qiladi. Havo namini yutib gidroksidlarga aylanadi.  $Me(OH)_3$  lar amfoter xususiyatga ega emas, mo'l miqdordagi ishqorlarda erimaydi. Ulardagi metallning tartib raqami ortib borishi qatorida ion radiusi kamayib borishi tufayli gidroksidning asoslik kuchi kamayib boradi va shu tartibda ularning eruvchanligi ham kamayib boradi. Gidratlangan ionlar gidroliz reaksiyasida qatnashadi:



Bu xususiyat elementlarning tartib raqami ortib borishi bilan kuchayib boradi. Lantanoidlar atom texnikasida katta ahamiyatga ega.

Samariy, gadoliniiy, yevropiy issiq neytronlarni qamrab olish kesimi yuzasi katta bo'lishi tufayli ular yadro reaktorlarning himoya qatlamlari tarkibiga qo'shiladi.

Seriyning +3 va +4 oksidlanish darajalaridagi perxloratlarining aralashmasi perxlorat kislota muhitida suvni vodorod va kislorodga parchalash jarayonida qatnashishi kuzatilgan.

## XI. 9.2. Aktinoidlar

Aktinoidlar tartib raqami 90–103 oralig'idagi 14 ta elementdan iborat. Ular ham III gruppaga a'zosi lantanga o'xshash *f*-elementlardir. Aktinoidlarning barchasida turg'un izotoplar yo'q, ulardan faqat uchta — toriy, protaktiniy va uran tabiatda mavjud, qolganlari esa sun'iy usulda olingan.

### Aktinoidlarning ba'zi xossalari

Tartib raqami	Belgisi	Elektron konfiguratsiyasi					Valentligi				
		5 <i>f</i>	6 <i>s</i>	6 <i>p</i>	6 <i>d</i>	7 <i>s</i>	2	3	4	5	6
90	Th	1	2	6	2	2	(+)	+	+		
91	Pa	2	2	6	1	2		+	+	+	
92	U	3	2	6	1	2	(+)	+	+	+	+
93	Np	4	2	6	1	2	(+)	+	+	+	+
94	Pu	5	2	6	1	2	(+)	+	+	+	+
95	Am	6	2	6	1	2	(+)	+	+	+	+
96	Cm	7	2	6	1	2		+	+		
97	Bk	8	2	6	1	2		+	+		
98	Cf	9	2	6	1	2		+			

99	Es	10	2	6	1	2		+		
100	Fm	11	2	6	1	2		+		
101	Md	12	2	6	1	2		+		
102	No	13	2	6	1	2		+		
103	Lz	14	2	6	1	2		+		

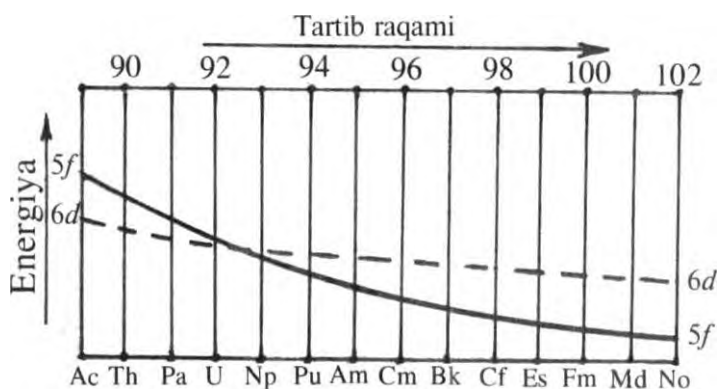
Yuqorida keltirilgan jadvalda birinchi aktinoid toriyda  $5f$ -orbitalda  $5f$ -qobiqchada elektron yo'q, lekin 6  $d$ -pog'onachada esa ikkita elektron joylashgan. Buning sababini quyidagi grafikdan aniqlash mumkin.

Urandan keyin joylashgan elementlarda  $5f$ -pog'onacha bittadan elektron bilan to'lib boradi. Kyuriy elementida  $f$ -pog'onacha yarim to'lgan haloti lantanoidlardagi gadoliniyga o'xshash konfiguratsiyaga – energetik mustahkam vaziyatga o'tadi.

Aktinidlarning tashqi pog'onachasidagi elektronlar yadroga tashqi elektronlarga qaraganda kuchsizroq tortiladi. Bu vaziyat aktinoidlar va lantanoidlar orasidagi kimyoviy aktivlik farqini tushuntira oladi. Toriyning  $5f$ -orbitalida joylashishi kerak bo'lgan toq elektron turg'unligi yuqoriroq bo'lgan  $6d$ -orbitalga o'tadi. Lekin bu holatlar farqi katta bo'lmasligi sababli ular orasida elektronlar „sakrashiga“ olib kelishi U, Np, Pu va Am da valent holatlar ko'p bo'lishini tushuntiradi.

Kyuriydan keyingi elementlarda  $5f$ -pog'onachaning turg'unligi kuchayib boradi.

Kimyoviy jihatdan aktinoidlar lantanoidlarga qaraganda aktivroq. Ular galogenlar, vodorod, oltingugurt, azot, fosfor, uglerodlar bilan reaksiya kirishadi.



Aktinoidlarda  $5f$ - va  $6d$ - energetik pog'onachalar turg'unligining o'zgarishi

- ?
1. Quyidagi savollarga javob bering va xrom xossalarini tavsiflang:
    - a) uning davriy sistemadagi o'rni va atom tuzilishi;
    - b) xromning havo, suv va kislotalar ta'siriga munosabati;
    - c) xrom oksidlari va gidroksidlarining tarkibi va xususiyatlari.
  2. Natriy sulfid eritmasini xrom(III) xlorid eritmasiga qo'shilganda sodir bo'ladigan reaksiya tenglamasini ionli va molekular ko'rinishda tuzing.
  3. Quyidagi genetik o'zgarishlar ketma-ketligini amalga oshirishda sodir bo'ladigan reaksiya tenglamalarini yozing:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
  4. Marganes birikmalari a) oksidlovchi, b) qaytaruvchi va d) ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi bo'ladigan reaksiyalar tenglamalarini yozing.
  5. Marganes(VI) birikmasini uning yuqoriroq va pastroq oksidlanish darajasiga ega bo'lgan birikmalaridan o'zgarish reaksiya tenglamasini yozing.
  6. Temir(II) birikmasini temir(III) ga va, aksincha, temir(III) birikmasini temir(II) birikmasiga aylantirish reaksiya tenglamalarini tuzing.
  7. Temirning HCl va Cl<sub>2</sub> bilan reaksiyalari tenglamalarini yozing.
  8. Ferrit va ferratlarning hosil bo'lish reaksiya tenglamalarini yozing.
  9. Hidroliz reaksiyasi qaysi tuz FeCl<sub>2</sub> yoki FeCl<sub>3</sub> uchun chuqurroq sodir bo'ladi? Uning sababi nimada?
  10. Quyidagi tuzlar eritmalarining muhiti qanday bo'ladi:
    - a)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; b)  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ; c)  $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ ; d)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ?Tegishli reaksiya tenglamalarini qisqartirilgan ionli ko'rinishda yozing.

## Testlar

1. VI gruppada elementlarning qaysilari o'zaro to'la analoglar bo'ladi?
  - 1) kislorod va oltingugurt; 2) oltingugurt va selen; 3) oltingugurt va tellur; 4) oltingugurt, selen va tellur; 5) selen, tellur va poloniy; 6) xrom, molibden, volfram.A) 1,5 va 6 B) 2 va 4; 1 va 5; C) 1,2 va 4 D) 1 va 4 E) 4 va 6
2. Elementlar davriy sistemasidagi I gruppasidagi elementlarning qaysilari o'zaro to'la analoglar bo'ladi?
  - 1) litiy; 2) natriy; 3) kaliy; 4) rubidiy; 5) seziiy;
  - 6) frantsiy; 7) mis; 8) kumush; 9) oltin.A) 1-6 B) 7-9 C) 1-6 va 7-9 D) 1-4 va 8-9 E) faqat 1-6
3. Quyidagi zarrachalarning qaysilari izoelektronli bo'ladi?
  - 1) azot; 2) uglerod(II) oksid; 3) uglerod(IV) oksid; 4) kislorod gidridi.A) 1,2 B) 1,3 C) 2,3 D) 3,4 E) 2,4
4. Mis(II) gidroksidni o'zida erita oladigan moddalarni ko'rsating:
  - 1) natriy gidroksid; 2) selluloza; 3) ammoniy gidroksid;
  - 4) etilenglikol; 5) ammoniy xlorid; 6) glitserin.A) 1,2,5,6 B) 1,3,4,6 C) 2,3,5,6 D) 3,4,5,6 E) 2,3,4,6

Davriy sistemadagi 109 ta elementdan 22 tasi metallmaslik xususiyatiga ega. Ular metallarnikiga teskari bo'lgan: elektr tokini va issiqlikni yomon o'tkazish, oddiy sharoitda shaffof va suvda erimaslik, organik erituvchilar bilan aralasha olish xossalari ega. Metallmaslarning ko'pchiligi kimyoviy reaksiyalarda o'ziga elektron biriktirib manfiy zaryadlangan bir atomli anionlarni hosil qiladi, ularning kislorodli birikmalari kislotali xossaga ega, ya'ni kislota anhidridlari bo'ladi. Ular davriy sistemaning asosiy gruppachalaridan va davrlarning o'ng tomonidan o'rin olgan.

### XII 1. Nodir gazlar

Bu elementlarning tashqi valent pog'onasida ikkita (geliy) yoki sakkizta (neon, argon, kripton, ksenon va radon) elektronlar mavjud.

XIX asr oxirida davriy sistema 7 ta gruppadan iborat edi. 1889-yilda ingliz olimlari Reley va Ramzay xossalari bo'yicha havo tarkibida ma'lum bo'lgan gazlardan farq qiladigan yangi element (argon) topilgani haqida e'lon qilishgan. Bu elementni o'zining atom massasi bo'yicha davriy sistemaning bironta gruppasiga joylashtirib bo'lmasligi ma'lum bo'ldi. Keyinchalik olingan gaz tarkibida yana bir necha yangi gazlar mavjud ekanligi aniqlandi. Yangi elementlar uchun Davriy sistemada alohida — sakkizinchi gruppaga ajratildi va sistema hozirgi shaklga ega bo'ldi. Bu gazlar kam uchraganligi sababli nodir gazlar (42-betga ham qarang) deb ataladigan bo'ldi.

**Geliy.** Bu gazning havodagi miqdori  $5 \cdot 10^{-4}\%$  ni tashkil etadi. Uning miqdori tabiiy gazlarning ba'zi manbalarida 5% gacha bo'ladi. Uning nomi yunon tilida Quyosh demakdir, chunki u birinchi marta quyosh nuri spektrida kuzatilgan. Undan meteorologik zondlarni to'ldirishda, kislorod bilan aralashmasi g'avvoslar uchun nafas olishga ishlatiladi. Bu gaz ma'lum bo'lgan moddalar orasida eng past suyuqlanish temperaturasiga ( $-272,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 2,5 ming kPa bosim ostida) ega. Bu gazning kimyoviy aktivligi yo'q, uning birikma hosil qilish xususiyati aniqlangan emas.

**Neon.** Bu gazning havodagi miqdori geliylikiga qaraganda 10 marta ko'p. Past bosimda neon orqali elektr razryadi hosil qilinganda qizil shu'la hosil bo'ladi. Uning bu xossasi reklama lampalari yasashda qo'llanadi. Uning suyuqlanish temperaturasi  $-248,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ga teng.

**Argon.** Bu gazning suyuqlanish temperaturasi — 189,4 °C. Uning havodagi miqdori — 0,93% ni tashkil etadi, boshqacha aytganda uning miqdori Ne, Ne, Kr va Xe larning barchasidan 4 marta ko'pdir. Bu gaz ham lampalar tayyorlashda (u ko'k-zangori tusli shu'la beradi) qo'llanadi. Bu gazdan inert atmosfera hosil qilishda, masalan, aluminiy va aluminiy-magniyli qotishmalarni kavsharlashda ishlatiladi.

**Kripton.** Bu gazning suyuqlanish temperaturasi — 156,6 °C ga teng, miqdori esa  $1 \cdot 10^{-4}\%$  ni tashkil etadi.

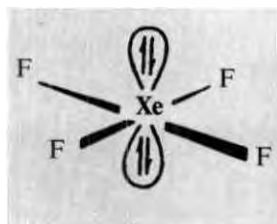
1962-yilga qadar nodir gazlarda birikma hosil qilish xususiyati yo'q deb kelingan edi, chunki ularning beqaror bo'lgan gidratlarigina  $\text{Ar} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Kr} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Xe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  olingan edi. Bunday birikmalar, suv molekulari («mezbon») oralig'idagi bo'shliqlarda («mehmon») joylashadi, yangi kimyoviy bog' hosil bo'lmaydi, ular *klatrattlar* deb ataladi.

## XII 2. Nodir gazlar birikmalari

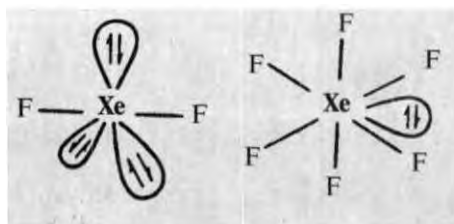
Kripton va ksenonlarning ionlanish potentsiallari qiymatlari (Kr — 13,9 va Xe — 12,0 eV) — azot atominiki 14,5 eV dan kichik ekanligiga 1962-yilda Bartlett ahamiyat berdi va nodir gaz birikmalarini sintez qilishga muvaffaq bo'ldi.

Kripton va ksenon fluor (eng kuchli elektrmanfiy element) bilan turg'un birikmalar hosil qilishi ma'lum bo'ldi.

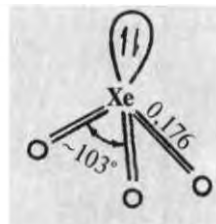
Ksenonni 400 °C da nikeldan yasalgan idishda fluor bilan qizdirilganda (nikel yuzasi turg'un fluorid pardasi bilan qoplanadi) *ksenon florid*  $\text{XeF}_4$  (XII.1-rasm)ni hosil qiladi. Turli nisbatlardagi aralashmalar orasidagi reaksiya natijasida  $\text{XeF}_2$  va  $\text{XeF}_6$  (XII. 2-rasm)lar olindi (oxirgi birikma yuqori bosim ostida hosil bo'ladi). Fluoridlar oq tusli kristall moddalar bo'lib, ularning turg'unligi juda katta emas. Ksenonning tetrafluoroksidi  $\text{XeOF}_4$ , oksid  $\text{XeO}_3$  va  $\text{XeF}_6$  lar gidroliz reaksiyasi natijasida olingan. Ba'zi birikmalarining tuzilish formulalari keltirilgan:



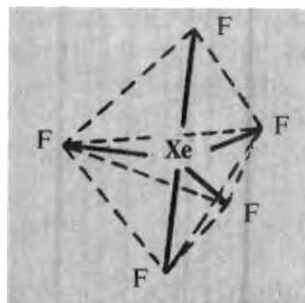
XII. 1-rasm.  
*Ksenon(IV) fluoridning tuzilish formulasi.*



XII. 2-rasm.  $\text{XeF}_2$  va  $\text{XeF}_6$  larning tuzilish formulalari.



XII. 3-rasm.  
*Ksenon(VI) oksidning tuzilish formulasi.*



XII. 4-rasm.  $XeF_5$  ning fazoviy kristall tuzilishi.

Kriptonning oksidlanish darajasi +2 bo'lgan mahsuloti ham mavjud. Boshqa birikmalari:  $KrF^+ \cdot SbF_6^-$ ,  $Kr_2F_3^{+2} \cdot AuF_6^-$ ,  $KrF^+ \cdot Ta_2F_{11}$  (ion tabiatli mahsulotlar), molekular birikmalari  $KrF_2 \cdot AuF_5$  ham olingan.

Elektr razryad natijasida hosil bo'lgan atomar fluor bilan krypton orasidagi reaksiyada suyuqlanish temperaturasi  $77^\circ C$  bo'lgan mahsulot — diflorid hosil bo'ladi:



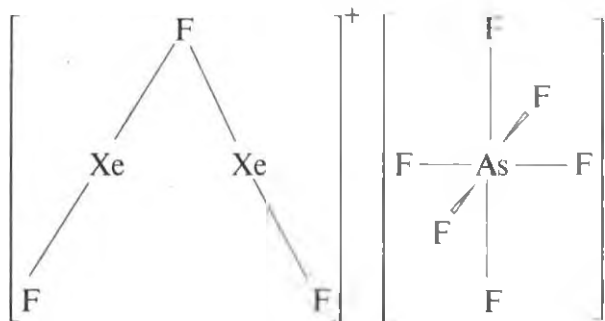
Kryptonning fluor bilan birikmasi  $KrF_4$  suyuq azot bilan sovutilgan sharoitda sintez qilib olingan. Bu birikma  $100-140^\circ C$  da parchalanmasdan haydaladi. Krypton(IV) florid faqat past temperaturalardagina turg'un, u  $-40^\circ C$  da bug'lanadi.

Nodir gaz birikmalarining tarkibini aniqlash uchun quyidagi reaksiyaga o'xshash jarayondan foydalanish mumkin:



Ksenonning ma'lum bo'lgan birikmalari orasida oksidlanish darajasi +2, +4, +6 va +8 bo'lgan birikmalar olingan. Bu element uchun nisbiy elektrmanfiylik 2,6 (Poling bo'yicha) birlikka teng.

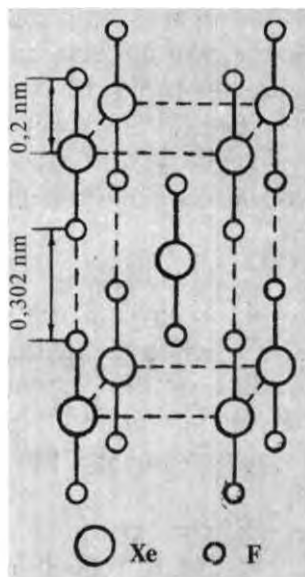
$XeF_2$  suvda gidrolizlanadi, suvdagi eritmasi  $BrO_3^-$  ni  $BrO_4^-$  ga,  $Cr(III)$  ni  $Cr(VI)$  gacha,  $Cl^-$  ni  $Cl_2$  ga,  $Np(V)$  ni  $Np(VII)$  gacha oksidlash xossasi ma'lum. Ularning quyidagi ion tipidagi molekullari olingan:



Oksidlanish darajasi +6 bo'lgan fluorid amfoter xususiyatni namoyon qiladi:  $XeF_6 + 2MF \rightarrow M_2[XeF_8] + 2M[XeF_7]$  va  $M[XeF_7] + XeF_6$  suvda eritilganda HF va ksenon kislotasi  $Xe(OH)_6$  — juda kuchsiz elektrolitga aylanadi.  $XeF_4$  ham shunday reaksiyada  $Xe(OH)_4$  — qattiq moddaga aylanadi. Bu mahsulot o'ziga qizdirilganda ( $30^\circ C$ ) kuchli portlaydi.

Rentgenostruktura analiz natijalaridan  $XeF_2$  molekulasida chiziqsimon,  $XeF_4$  esa tekis kvadrat tuzilishiga ega ekanligi topilgan.

Ksenonning  $PtF_6$  bilan reaksiyasi natijasida  $Xe[PtF_6]$  birikmasi (oq kristall modda, vakuumda parchalanmasdan haydaladi) olingan. Bu modda suv ta'sirida gidrolizlanib  $PtO_2$ , HF,  $O_2$  va Xe ni hosil qiladi.



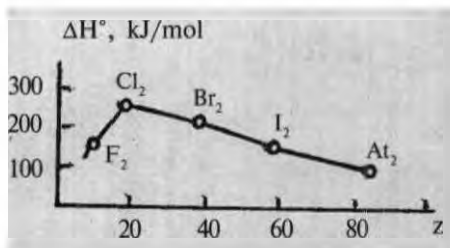
XII. 5-rasm. Ksenon(II) fluoridning kristall panjarasi.

## XII 3. Galogenlar

Bu gruppada elementlarini, vodorodni chetda qoldirib, galogenlar oilasi (F, Cl, Br, I, At va marganes gruppachasi Mn, Tc, Re)ga bo'lish mumkin.

Galogenlarning har birining tashqi valent pog'onasida 7 tadan ( $ns^2np^5$ ) elektronga ega bo'lishi ular uchun turg'un oktet qavat hosil qilish uchun yagona elektron biriktirib  $E^-$  holiga o'tish xos ekanligini kutilish kerak. Ularning maksimal valentligi yettiga teng bo'lishi kerak (ftordan tashqari).

Galogenlar molekularining dissotsilanish entalpiyalari (XII. 6-rasm) fluor molekulasida kichik, lekin  $Cl_2 - I_2$  qatorida bir tekis kamayib boradi. Bu grafikda  $d$ -pog'onachaga ega bo'lgan elementlar molekularida  $s$ - va  $p$ -pog'onachalaridagi elektron juftlar qo'shni atomning  $d$ -pog'onachasi orasida delokallanishi natijasi ko'zga tashlanadi.



XII. 6-rasm. Galogenlar molekularining standart dissotsilanish entalpiyalari bilan yadro zaryadi orasidagi munosabat.



Marganes gruppachasida ikkita qobiq valent xususiyatiga ega, ularning ikki elektronli *s*-pog'onachasi yadrodan ancha uzoqda joylashgan. Metallarda elektron biriktirish xususiyati yo'q bo'lib, uni berishda esa ichki pog'onachadagi 5 ta elektron ham qatnashishi natijasida musbat oksidlanish darajasi +7 gacha yetishi kuzatiladi. Bu gruppada elementlari elektron konfiguratsiyasi asosida eng aktiv metallmaslar va metallardan tashkil topgan.

### XII. 3.1. Ftor

Ftor birikmalari tabiatda turli tog' jinslari tarkibida masalan, flyuorit  $\text{CaF}_2$  holida uchraydi. Ftorni olish uchun ozgina  $\text{LiF}$  qo'shilgan  $\text{KF} \cdot 2\text{HF}$  aralashmasining suyuqlanmasini  $100^\circ\text{C}$  da po'latdan yasalgan elektrolyzorda grafit anodi qismida olinadi.

Erkin holdagi ftor ikki atomli, rangsiz, o'tkir hidli gaz.

Ftor o'zining birikmalarida faqat — I oksidlanish darajasidagina bo'la oladi, chunki uning nisbiy elektrmanfiyligi juda katta bo'lishi tufayli o'z elektronlarini boshqa elementlarga bermaydi. Bu elementning radiusi kichik va elektronga moyilligi katta bo'lishi tufayli elementlar bilan hosil qilgan birikmalarining barqarorligi qolgan galogenlarnikidan ancha yuqori:  $\text{H} - \text{F}$ ,  $\text{H} - \text{O}$  va  $\text{H} - \text{Cl}$  qatorida bog' energiyasi, tegishli ravishda 565, 460 va 431 kJ/mol ni tashkil etadi.

Ko'pchilik metallar bilan ftor oddiy sharoitda bog'lanadi, lekin ba'zi metallar, masalan, mis, nikel va magniy kabilar ftoridlari metall yuza qatlamini qoplaydi va chuqur oksidlanishdan saqlaydi.

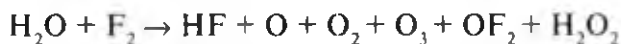
*XII.1-jadval*

**Galogenlarning ba'zi xossalari**

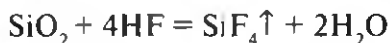
Xossalar	Ftor	Xlor	Brom	Yod	Astat
Ionlanish energiyasi, eV	17,42	12,97	11,84	10,45	-9,2
Atom radiusi, nm	0,064	0,099	0,114	0,133	—
$E_{\text{ion}}$ radiusi, nm	0,133	0,181	0,196	0,220	0,23
$E_r$ molekulada yadrolararo masofa, nm	0,142	0,199	0,228	0,267	—
Standart dissotsilanish entalpiyasi, $25^\circ\text{C}$ kJ/mol	159	243	192	151	109
Suyuqlanish temperaturasi, $^\circ\text{C}$	-220	-101	-7,3	113,6	227
Qaynash temperaturasi, $^\circ\text{C}$	-188	-34	59,3	185,5	317
$E_r$ ning 1000 K da dissotsilanish darajasi	0,043	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	0,28	—

Metallmaslar ftoridlari ko'pincha oson bug'lanadi, oson reaksiyaga kirishadi, ba'zan bunday reaksiyalar shiddatli tus oladi. Masalan, Si, P va S alanganlab ta'sirlashishadi, oddiy yog'och ko'miri ham shunday ta'sir-

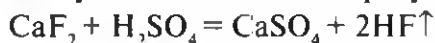
lashsa, grafit esa faqat yuqori temperaturadagina fluoridni hosil qiladi. Azot bilan fluor reaksiyaga kirishmaydi. Suv bilan fluor reaksiyaga kirishadi, reaksiya mahsulotlari turlicha bo'ladi:



Fluor birikmalaridan ko'proq HF ishlatiladi, undagi fluor boshqa elementlar bilan bog'lanish imkoniyati oson va bunday reaksiyalar osoyishta sodir bo'ladi:



Vodorod fluoridni  $\text{H}_2$  ning  $\text{F}_2$  bilan reaksiyasi orqali olish noqulay, bu ikki modda reaksiyasi qorong'uda va  $-200^\circ\text{C}$  da portlash bilan sodir bo'ladi, uni osongina tabiiy birikmasidan olish qulay:



Gidrofluorid rangsiz, harakatchan va oson bug'lanuvchan ( $t_{\text{qayn}} = +19,5^\circ\text{C}$ ), suv bilan oson aralashadigan suyuqlik. Quruq atmosferada HF ancha passiv, agar metall yuzasida oksid parda bo'lsa, reaksiya boshlanishida hosil bo'lgan suv reaksiya borishini tezlashtirishi mumkin.

HF ning suvli eritmasi — vodorod fluorid kislotasi kuchsiz, bir asosli kislotasi hisoblanadi, savdoda 40% li eritma holda xarid etiladi.

Ko'pchilik metallar fluoridlari suvda eriydi (Na, K, Ag, Al va Sn fluoridlari). Bu kislotaning barcha tuzlari hayot uchun xavfli.

Fluorning kislorodli birikmalaridan HOF,  $\text{F}_2\text{O}$ ,  $\text{F}_2\text{O}_2$  (vodorod peroksidga o'xshash tuzilishga ega), uning tuzilishini  $\text{F}-\text{O}\equiv\text{O}-\text{F}$  (to'rt valentli kislorod mahsuloti) taklif etilgan.  $\text{O}_2$  molekulasidagi atomlararo masofa 0,121 nm bo'lsa,  $\text{F}_2\text{O}_2$  da esa 0,122 nm ga teng. Fluorning boshqa peroksobirikmalari  $\text{F}_2\text{O}_3$  va  $\text{F}_2\text{O}_4$  ham (ozonfluorid va oksozonfluorid) ma'lum.

## XII. 3.2. Xlor

Xlor tabiatda ishqoriy va ishqoriy-yer metallarining birikmalari holda uchraydi va ular xlor olish uchun xomashyo bo'lib xizmat qiladi. Uni olishda osh tuzining suvdagi eritmasini yoki suyuqlanmasini elektroliz qilib olinadi. Suvli eritma elektrolizida elektrodlar grafitdan yasalgan bo'ladi. Laboratoriyada xlorni olish uchun kukun holdagi kaliy permanganat bilan konsentrlangan xlorid kislotasi orasidagi reaksiyadan foydalaniladi:

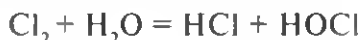


Xlor gazi sariq-yashil tusli bo'lib, o'tkir hidli, nafas olish yo'llarini emirish xususiyatiga ega bo'lgan bo'g'uvchi moddadir. Xlorning suvda

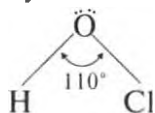
eruvchanligi kichik — 1 hajm suvda 3 hajm gaz eriydi. Shunday eritmadan past temperaturada (5—6 °C da)  $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  kristallogidrati ajratib olingan.

Kimyoviy jihatdan xlor aktiv gaz, uning vodorod bilan aralashmasi uchqun yoki ultrabinafsha nur ta'sirida portlaydi. Kremniy, surma, mishyak, fosfor kabi metallmaslar va xlor orasidagi reaksiya ekzotermik xususiyatga ega, metallar esa xlor bilan aktiv reaksiyada qatnashadi. Og'ir metallar reaksiyaga sust kirishadi. Quruq holdagi xlor ko'pchilik metallar bilan reaksiyada qatnashmaydi.

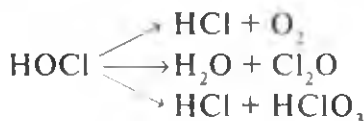
Xlorning suvda erishi ikkita kislota hosil bo'lishi bilan sodir bo'ladi:



Bu reaksiya xlorning kislorodli birikmalarini olish reaksiyasining bosh bosqichidir, chunki xlor bevosita kislorod bilan birikmalar hosil qilmaydi. Hosil bo'lgan kislotaning fazoviy tuzilishi suv molekulasini eslatadi:



*Gipoxlorit kislota* karbonat kislotadan ham zaif, termik jihatdan turg'un emas, eritmaning o'zida uchta parallel reaksiyalar bo'yicha parchalanadi:



Uchala reaksiya bir vaqtning o'zida, bir-biriga aloqasi bo'lmagan holda turlicha tezlikda sodir bo'ladi. Ularning birinchisi quyosh nuri ta'sirida va kislorodni biriktirib oluvchi modda ishtirokida tezlashadi, uning tezligini kobalt(II) ioni oshiradi (katalitik jarayon). Shu kislotaning kalsiyl tuzi — xlor ohagining  $\text{Co}^{2+}$  ishtirokida parchalanish tenglamasi:



ba'zan laboratoriyada kislorod olish uchun ishlatiladi.

Yuqoridagi reaksiyaning ikkinchi yo'nalishida suv tortib oluvchi modda (masalan,  $\text{CaCl}_2$ ) ta'sirida gaz holdagi xlor(I) oksid  $\text{Cl}_2\text{O}$  hosil bo'ladi. Bu oksid qo'ng'ir-sariq tusli gaz, xlor hidini eslatadi, portlovchi xususiyatga ega, suvda eriganda gipoxlorit kislota hosil qiladi.



Yuqoridagi reaksiyaning uchinchi yo'nalishi qizdirish natijasida tezlashadi, uni quyidagi tenglama bilan ifodalash qulay:

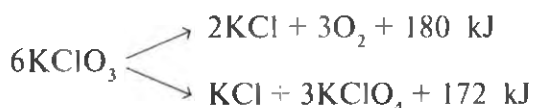


$\text{KClO}_3$  xlorat kislotaning tuzi, bu kislota kuchli kislotalar ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  lar kabi) qatoridan o'rin olgan, kislota o'zi faol oksidlovchi modda, lekin eritmada uning bu xossasi kuchsiz ifodalangan. Birikmalari zaharli. Bu kislota tarkibiga javob beradigan oksid ma'lum emas, lekin kislotani ohista qaytarib xlor(IV) oksid — sariq tusli gaz, juda kuchli oksidlovchi xossaga ega bo'lgan modda olingan. Bu gazning  $\text{KOH}$  eritmasi bilan reaksiyasi uning disproporsiyalanishini ifodalaydi:



Hosil bo'lgan *xlorit kislota* tuzidan xlorit kislota  $\text{HClO}_2$  ni olish mumkin, lekin uning turg'unligi zaif. Uning turg'unligi va oksidlovchilik xossasi  $\text{HOCl}$  va  $\text{HClO}_3$  lar oralig'ida bo'ladi.

*Xlorat kislotaning* kaliyli tuzi — Bertolle tuzi  $\sim 400^\circ\text{C}$  da ikki yo'nalish bo'yicha parchalanadi:

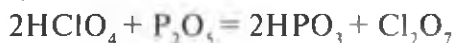


Birinchi yo'nalish katalizatorlar (masalan,  $\text{MnO}_2$ ) ishtirokida osonroq boradi, bu usuldan laboratoriyada kislorod olishda foydalaniladi. Ikkinchi yo'nalish, asosan, katalizatorsiz sharoitda va yuqoriroq temperaturada sodir bo'ladi. Hosil bo'lgan *perxlorat kislota*  $\text{HClO}_4$  tuzi  $\text{KCl}$  ga nisbatan yomon erishi tufayli oson ajratib olinishi mumkin.  $\text{KClO}_4$  ga konsentrlangan sulfat kislota ta'sir ettirib rangsiz, havoda tutaydigan suyuq holdagi kislotani ajratib olish mumkin:



Kislotaning suvdagi eritmasini uzoq vaqt saqlasa bo'ladi. Suvsiz tuz turg'unligi turli aralashmalar ta'sirida pasayadi va bunday hollarda bu modda portlashi mumkin. Kislotaning oksidlovchilik xossasi uncha yuqori emas,  $\text{HClO}_3$  nikidan zaifroq, bu xossasini suyultirilgan eritmalarda kuzatib bo'lmaydi.

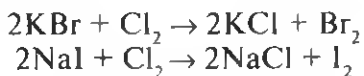
Suvsiz  $\text{HClO}_4$  ga past bosimda suvni yutadigan  $\text{P}_2\text{O}_5$  ta'sir ettirilsa, o'zining anhidridiga aylanishi mumkin:



Perxlorat kislota anhidridi moysimon suyuqlik bo'lib, zarba yoki qizdirish ta'sirida portlaydi. Suv bilan reaksiyasi natijasida asta-sekin perxlorat kislotaga aylanadi.

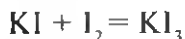
Quyidagi sxemada ayrim kislotalarning tuzilishi, asosiy xossalarning o'zgarish qonuniyatlari aks ettirilgan:





Bromning suvdagi eruvchanligi 3,58 g /100 g (20 °C), ko'pchilik organik erituvchilar bilan yaxshi aralashadi.

Yod ishqoriy metallar yodidlarida juda yaxshi eriydi:



Hosil bo'lgan koordinatsion birikmalar suvda va organik erituvchilarda yaxshi eriydi.

$\text{KI}_n$  birikmalarining ba'zilar uchun tuzilish formulalari quyidagi rasmlarda keltirilgan

(XII. 7 a, b-rasm). Yod oson bug'lanadi (binafsha rangli bug'lar hosil bo'ladi), suyuqlanish temperaturasi 113,6 °C.

Bu moddalarning kimyoviy aktivligi xlornikidan sustroq, brom metallar va metallmaslar bilan xlorga o'xshash birikmalar hosil qiladi, lekin reaksiyaning borish sur'ati pastroq. Brom fosfor, surma, vismut, mishyak, qalay (yupqa zar qog'ozi holda) va aluminiy bilan ko'p miqdorda issiqlik ajratib birikadi. Brom kislorod, azot, uglerod va nodir gazlar bilan to'g'ridan-to'g'ri reaksiyada qatnashmaydi. Kislotalar bilan ham reaksiyada qatnashmaydi. Metall holdagi natriy bilan reaksiyasi 200 °C da ham juda sust bo'lsa, kaliy bilan reaksiyasi juda shiddatli o'tadi. Brom oltinni  $\text{AuBr}_3$  gacha juda sekin oksidlaydi, platina bilan birikmaydi.

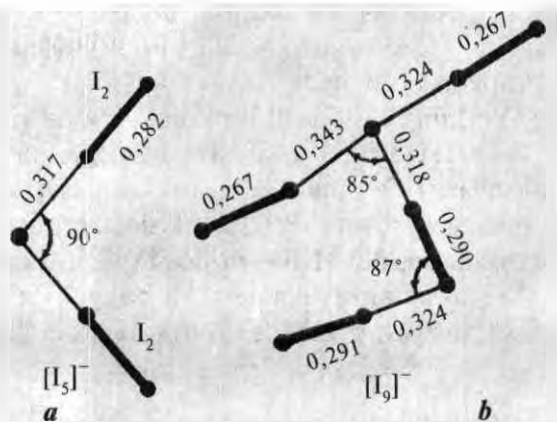
Bromning suv bilan ta'sirlashishi natijasida xlornikiga o'xshash,  $\text{HOBr}$  hosil bo'ladi, tuzlarning oqlovchi xususiyati zaifroq.

Brom ishqorlarda eriydi: sovuq ishqorda *gipobromitlar* hosil qilsa, issiq ishqor eritmasida *bromatlar* hosil qilishi xlarning reaksiyalarini eslatadi.

Yod fluor bilan juda oson birikadi,  $\text{H}_2$ , Si, metallmaslarning ko'pchiligi bilan, nam havoda esa metallarning ko'pchiligi bilan reaksiyada qatnashadi. Yod bilan aluminiy kukunlari aralashmasi suvsiz sharoitda o'zaro reaksiyaga kiritilmaydi, lekin shu aralashmaga 1 tomchi suv tomizilgandan 1—2 minutdan so'ng reaksiyon aralashma tobora tezlashib boradigan sur'atda birikadi.

Brom va yodning gipo kislotalari qatorida barqarorligi va oksidlovchilik xususiyati zaiflashib boradi.

Bromat va yodat kislotalardan birinchisi xlorat kislotaga yaqin va o'xshash bo'lsa, yodat kislotaning barqarorligi, oksidlovchi xossasi va kis-



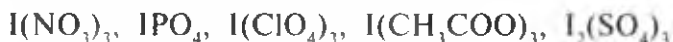
XII. 7-rasm. Ba'zi poliyodidlarning tuzilishi: a) pentayodid(I) ioni; b) nonayodid(I) ioni.

lotali dissotsilanish darajasi ancha sust. Shuni aytish kerakki, bu kislotalarning oksidlovchi xossalari eritmada neytral va ishqoriy muhitda deyarli namoyon bo'lmaydi.

Yodning kislorodli birikmalarida ba'zi tafovutlar kuzatiladi:

—  $\text{HIO}_3$  ohista suvsizlantirilganda *yodat kislota anhidridining* oq kristallari  $\text{I}_2\text{O}_5$  ajratib olingan. Bu oksid suv bilan birikib yana boshlang'ich kislotaga aylanadi. *Peryodat* kislota eritmada rangsiz kristallar — besh asosli *ortoyodat* kislota  $\text{H}_5\text{IO}_6$  ni hosil qiladi, uning  $\text{Ag}_3\text{IO}_6$  birikmasi olingan;

— oksidlanish darajasi +3 bo'lgan hosilasining kation sifatida tuz hosil qilish xususiyati quyidagi birikmalarda kuzatiladi:



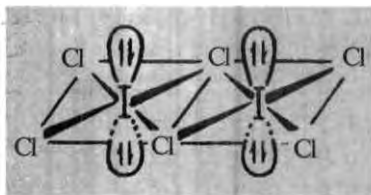
Bromda shunday birikmalardan faqat ikkitasi:  $\text{Br}(\text{NO}_3)_3$  (rangsiz kristallar) va  $\text{Br}(\text{SO}_3\text{F})_3$  (qovoq rang kristallar) largina ma'lum.

## XII. 3.4. Galogenlararo birikmalar

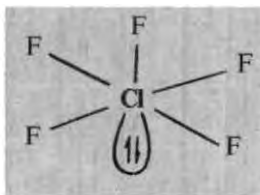
Galogenlarning o'zaro ta'sirlashishi natijasida aralash galogenli birikmalar hosil qilingan. Ularning tarkibi, birikuvchi galogenlar radiuslariga qarab o'zgaradi, masalan, xlor, brom va yod o'zlariga tegishli tartibda uchta, beshta va yettita fluor atomlarini biriktira oladi. Yod uchta xlor atomidan ortig'ini biriktirmaydi, bromning faqat bir atomini biriktira oladi. Bu qatorda kuzatiladigan qonuniyat — galogen atomining radiusi birikayotgan atomnikidan qancha katta bo'lsa, shuncha ko'proq atomlar birikishi mumkinligi yaqqol ko'zga tashlanadi.

Bunday birikmalarda kimyoviy bog' qutbli kovalent xususiyatga ega, ularning rangi galogen atom massasi ortib borishi bilan kuchayib boradi: ko'p fluorli birikmalar rangsiz, yodli birikmalar quyuproq qo'ng'ir rangga ega bo'ladi.

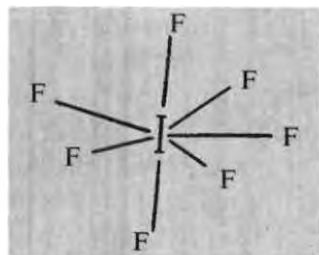
Quyidagi rasmlarda shunday birikmalarni ba'zilarining fazoviy tuzilishlari keltirilgan (XII. 8 va XII. 9-rasmlar).



XII. 8-rasm. Uch xlorli yod dimeri  $\text{I}_2\text{Cl}_6$  ning molekular tuzilishi.



XII. 9-rasm. Xlorpentaftoridning molekular tuzilishi.



XII. 10-rasm. Yodheptaftoridning molekular tuzilishi.

**Galogenlarning ba'zi fiziologik xossalari.** Ftor kishi organizmi uchun ahamiyatli elementdir, uning miqdori tegishli miqdordan chetlashganda suyak va tish kasalliklari paydo bo'ladi, kaliy bromid nerv sistemasini ishini normallashtiradi.

Yod organizmda assimilyasiya jarayonini normallashtirishda ahamiyatli, uning miqdori kamaysa kishi organizmida buqoq kasalligi paydo bo'ladi. Yodning kaliy yodidagi, spirtidagi eritmalari dezinfeksiyada ishlatiladi.

Oshqozon shirasida 0,3% li xlorid kislotasi fermentlardan biri — pepsinni aktivlashtiradi va oziq-ovqatni hazm qilishga yordam beradi.

### **Savol va topshiriqlar**

- ?
1. Galogenlar molekularining atomlarga parchalanish energiyalari fluor, xlor, brom va yod qatorida 155, 243, 190 va 149 kJ/mol ga teng. Qatordagi xlor molekulasining chetga chiqishini qanday tushuntirish mumkin?
  2. Galogenlarning xona temperaturasida va 70–80 °C da suv va ishqor eritmaları bilan reaksiya tenglamalarini tuzing.
  3. Ishqoriy metallar galogenidlarining konsentrlangan sulfat kislotasi ( $\rho = 1,84$  g/ml) bilan reaksiya tenglamalarini yozing.
  4. Yod, vodorod xlorid va marganes(IV) oksid orasidagi ta'sirlashuvda yodat kislotasi  $\text{HIO}_3$  olish reaksiya tenglamasini tuzing.
  5. Vodorod bromid qaysi moddalar bilan reaksiyaga kirishadi:  
a)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; b)  $\text{PCl}_3$ ; d)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (kons.); e) KI, f) Mg; g)  $\text{KClO}_3$ ?  
Ularda HBr xossasi 1) kislotasi; 2) asos; 3) oksidlovchi; 4) qaytaruvchi bo'lganligini aniqlang.
  6. Qaysi moddaning gidrolizi natijasida HI hosil bo'ladi? Reaksiya tenglamasini yozing.

## **XII 4. Kislrorod. Oltinugurt**

Oltinchi gruppning bosh gruppacha elementlari kislorod, oltinugurt, selen, tellur va poloniydan iborat. Oxirgi elementning tabiiy va sun'iy radioaktiv izotoplari mavjud. Bu gruppadagi elementlar atomlarining tashqi pog'ona strukturasi bilan 6, 1 yoxud 2 elektronga ega bo'lgan gruppachalar a'zolariga bo'linadi. Birinchi gruppachada kislorod — poloniylar, ikkinchi gruppacha xrom, molibden va volframdan iborat.

Kislorod 2-davr elementi bo'lganligi sababli valent pog'onasidan oldingi pog'ona dublet elektronli, lekin u to'lgan pog'ona bo'lishi keyingi oktet pog'onali oltinugurt bilan umumiylik ko'proq, lekin qolgan Se—Po elementlarida tashqaridan oldingi pog'ona strukturasi O va S nikidan farq qiladi. Ularning barchasida oksidlanish darajalarining manfiy qiymati — 2 bo'lishi ular uchun umumiy bo'ladi. Kislorod elementi atomida musbat oksidlanish darajasi +4 bi-



lan cheklanishi kerak, lekin katta davr elementlari atomlarida  $d$ -orbitallar mavjudligi tufayli +6 bo'lgan birikmalari keng tarqalgan.

Qo'shimcha gruppacha elementlarida (Cr, Mo va W) tashqi valent pog'onachalarda elektronlar 1 yoki 2 ta bo'lishi ularda metallik xususiyati bo'lishini, lekin maksimal oksidlanish darajasini namoyon qilishda  $(n-1)d$ -pog'onachadagi barcha elektronlar qatnashib +6 ga teng bo'lgan oksidlanish darajasi bo'lishi ular va asosiy gruppacha elementlari bilan umumiylik mavjudligini asoslaydi.

## XII. 4.1. Kislородning ba'zi xususiyatlari

O'quvchilar kislorod va uning fizik hamda kimyoviy xossalari bilan oldin tanishgan edilar. Bu mavzuda biz kislorodning o'quvchilarga ma'lum bo'lmagan ba'zi muhim xossalari bilan tanishib o'tamiz.

Kislorod molekulasida ikki atomli va har bir atomda ikkitadan toq elektron bo'lishi sababli uning molekulasida ikkita — sigma  $\sigma$ - va pi  $\pi$ -bog' mavjud deb ta'kidlanadi.

Suyultirilgan kislorod magnit maydoniga tortilishi tufayli uning molekulasida toq elektronlar bo'lishi kerakligi ayon. Molekulaning kimyoviy bog'lanish tabiatini valent bog'lanish nazariyasi asosida yuqoridagi paramagnitlik xususiyatini tushuntira olmaydi, faqat molekular orbitallar nazariyasi uning molekulasida bog'lovchi xususiyatga ega bo'lgan elektronlaridan tashqari molekuladagi bog'ni bo'shashtiradigan tabiatli toq elektronlar unga paramagnitlik xususiyatni kasb etadi.

2-davr elementlarining hosil qiladigan maksimal valentligi ularning tashqi valent pog'onasidagi  $2s$ -,  $2p_x$ -,  $2p_y$ - va  $2p_z$ -orbitallardagi kimyoviy bog' hosil qilishda qatnashadigan toq elektronlar soni bilan bog'liq ekanligini yuqorida aytib o'tilgan edi. Kislorod atomidagi  $p$ -elektronlaridan faqat ikkitasi kovalent (yoki qutbli kovalent) bog' hosil qilishi ko'pgina hollarda kuzatiladi. Kislorodning valentligi uchga teng bo'lishini suv molekulasidagi kislorod atomi kislota protonini birlashtirishi haqidagi ma'lumot o'quvchilarga ma'lum. Shu misollar asosida o'quvchilarda shakllangan kislorod valentligi faqat ikkiga teng bo'ladi degan tushuncha eskirdi va uning bunday imkoniyatini kengaytiruvchi holga o'tamiz: uning valentligi 2, 3 va 4, oksidlanish darajalari  $-2$ ,  $-1$ ,  $+2$  ham bo'lishi mumkin.

## XII. 4.2. Oltinugurtning ba'zi muhim birikmalari

Oltinugurt kimyoviy birikmalarda  $-2$  va  $+6$  oksidlanish darajalari orasidagi deyarli barcha holatlarda birikmalar hosil qilishi ma'lum.

Oltinugurt erkin holda kristall panjarasining turi bilan bir-biridan farq qiladigan shakllarda: monoklinik (zichligi  $1,96 \text{ g/sm}^3$ , suyuqlanish temperaturasi  $119,3^\circ\text{C}$ ) faqat  $96^\circ\text{C}$  dan yuqori temperaturadagina turg'un

bo'lgan shakli mavjud. Ko'rsatilgan temperaturadan pastda uning kristallari to'q sariq tusdan och sariq rangga o'tadi va kristall panjarasi rombik oltingugurtning oktaedrlariga o'ta boshlaydi. Bu shakllardagi kristallar organik erituvchilardagi molekulalardan tuzilgan bo'ladi. Ularning bir-biridan farqi faqat kristall panjara tuzilishi bilan chegaralanadi. Kislorod va ozonlardagi farq molekuladagi atomlar soni bilan bog'liq bo'lsa, oltingugurtdagi kristall panjara fazoviy shakllaridagi farq allotropik modifikatsiyalarni keltirib chiqaradi.

Oltingugurtning ohista qaynaguncha qizdirilganda kuzatiladigan tashqi o'zgarishlar boshqa elementlarda qaytarilmaydi. Oltingugurt  $112,8^{\circ}\text{C}$  da somon rangli juda harakatchan suyuqlikka aylanadi. Qizdirishni davom ettirilganda suyuqlanma qizg'ish-qo'ng'ir tusga o'tadi va suyuqlanma shunday qovushqoq holatga o'tadiki, idish ag'darilganda ham to'kilmaydi. Qizdirish davom ettirilganda suyuqlik rangi o'zgarimasdan qoladi, lekin uning quyuqligi kamayadi, bu holat oltingugurt qaynaguncha ( $446^{\circ}\text{C}$ ) o'zgarmay qoladi. Ohista sovitilgan oltingugurt yuqorida izhor etilgan o'zgarishlarni teskari tartibda bosib o'tadi.

Kuzatilgan o'zgarishlar quyidagicha talqin etiladi:  $\sim 160^{\circ}\text{C}$  da oltingugurtning  $S_8$  zanjirlari uzilib bir-birlari bilan birikishi natijasida uzun zanjirlar hosil bo'lishi qovushqoqlikni oshiradi, ular qizdirish davomida maydaroq molekular hosil qilganda qovushqoqlik kamayadi va boshqa o'zgarmaydigan holat yuzaga kelib chiqadi.

Oltingugurt kimyoviy jihatdan ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi bo'lishi mumkin, masalan, uning ko'pchilik metallar (qaytaruvchi xususiyatli elementlar atomlari) bilan reaksiyasi natijasida juda mustahkam tuzilishli sulfidlar hosil qilishi tufayli reaksiyalar ekzotermik tus oladi; kuchli oksidlovchilar bilan u o'zining qaytaruvchilik xossalarini namoyon qiladi.

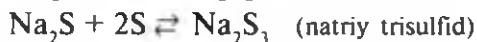
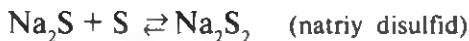
Oltingugurt disproporsiya reaksiyasida ham qatnashadi:



Shunday xususiyat galogenlarning ishqorlar bilan reaksiyalarida ham kuzatilgan edi.

Bir molekula tarkibida bir necha metallmas atomi qatnashgan birikma — polielement birikmalar, odatda, oksidlanish darajasi manfiy qiymatga ega bo'lgan elementlar (yodid, bromid va kislorod) ishqoriy metall hosil qilgan molekula holida ( $\text{KBr}_n$ ,  $\text{KI}_n$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) birikmalar mavjud ekanligi haqida ma'lumot berilgan edi. Shu turdagi *polisulfidlar* ishqoriy metallar hamda ammoniy kationi bilan *ammoniy polisulfidlari* hosil bo'lishi yuqorida ko'rib o'tilgan elementlarda anion radiusi ortib borganda oson hosil bo'lishi mumkinligini ta'kidlashga imkon beradi (bunday holat polifloridlar, polixloridlar holida kuzatilmadi, polikislorodli birikma faqat pe-

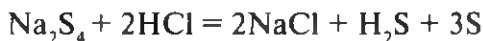
roksid shaklida ma'lum, lekin polisulfid molekulasidagi oltingugurt atomlar soni 2–7 oraliq'ida bo'lishi mumkin). Bunday birikmalar oddiy sulfidlarda maydalangan oltingugurtni eritish natijasida hosil bo'ladi:



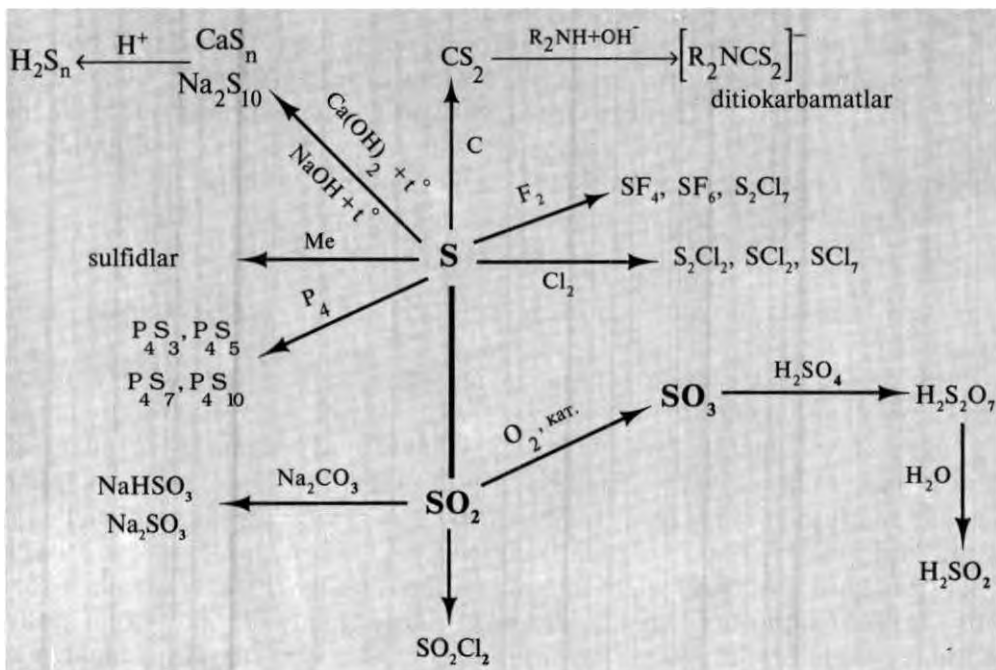
Bunday birikmalarni gidrosulfidlarni havo kislorodi bilan oksidlab ham olish mumkin:



Oddiy sulfidlar rangsiz moddalar bo'lsa, polisulfid tarkibida oltingugurt atomlar soni ortib borishi bilan ularning rangi sariq-qovoq tusdan to'q qovoq tusga o'tadi. Molekula tarkibida oltingugurt atomlari soni ortib borishi bilan mahsulot barqarorligi kamaya boradi va oltingugurt atomlari ajralib chiqadi. Kislotali sharoitda bu jarayon oson yuz beradi:



Bu reaksiya  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  eritmasida maydalangan oltingugurtni qaynatish natijasida olinadigan polisulfid  $\text{CaS}_n$  ( $n = 2-7$ ) uzum kasalligiga qarshi qo'llanganda havodagi  $\text{CO}_2$  ta'sirida ajralib chiqqan mayda oltingugurt hasharotlarni o'ldirishda yuqori samaradorli dorivor modda hisoblanadi.



Selen va tellur ham poliselenid va politelluridlar hosil qilishi haqida ma'lumotlar bo'lsa ham, ular bunday birikmalar barqarorligi kichik ekanligi bilan chegaralanadi. Oltinugurtning muhim birikmalari orasida sulfat kislota alohida ahamiyatga egadir. Sulfat kislota kimyo sanoatida juda ko'p miqdorda qo'llaniladigan (kimyo sanoati «noni» deb bejiz aytilmagan) mahsulotdir.

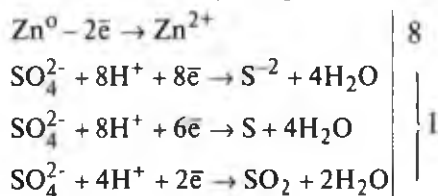
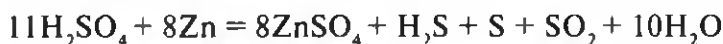
Sulfat kislodata oltinugurt atomining oksidlanish darajasi +6 ga teng bo'lsa ham, oltinugurtning oksidlovchi xossasi faqat konsentrlangan kislodadagina namoyon bo'ladi:



Suyultirilgan sulfat kislodata oltinugurt oksidlovchi vazifasini bajarmaydi, undagi vodorod ionigina shu vazifani kuchlanish qatorida manfiy elektrod potensialiga ega bo'lgan metallarga nisbatan namoyon qila oladi:



Konsentrlangan sulfat kislodaning magniy va ruxga bo'lgan munosabati boshqa metallarnikidan farq qiladi. Agar ikki modda orasida sodir bo'ladigan reaksiyani sinchiklab olib borilsa, ya'ni bir bo'lak rux donachasiga 1 ml konsentrlangan sulfat kislota qo'shib reaksiyani kuzatib borilganda uy temperaturasida mahsulotlar hosil bo'lishini kuzatish qiyin, probirkani asta-sekin qizdirib aralastirib turilsa kolloid holda oltinugurt paydo bo'lishi tufayli eritma loyqalanishi, probirkadan ajralib chiqayotgan gaz tarkibida vodorod sulfid va sulfid angidrid hidini sezish mumkin. Reaksiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi:



Konsentrlangan sulfat kislota temir bilan reaksiyaga kirishmaydi, tarkibida  $\text{SiO}_2$  bo'lgan cho'yan ham kislodaga nisbatan yanada passiv bo'ladi. Sulfat kislodaning IIA gruppacha metallari bilan hosil qilgan o'rta tuzlarining eruvchanligi yuqoridan pastga tushish tartibida kamayadi va shu tartibda kristallizatsion suv miqdori ham kamayib boradi:

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
yaxshi eriydi

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
qiyin eriydi

$\text{SrSO}_4$   
selestin  
eruvchanlik

$\text{BaSO}_4$   
barit

$\text{RaSO}_4$   
keskin kamayib boradi

Quyida VIA gruppachaning ba'zi o'ziga xos bo'lgan birikmalari haqida ma'lumotlar berib o'tamiz.

Shu gruppacha elementlari yuqoridan pastga o'tish tartibida metallmaslik xossasi tobora kamayib boradi, selen ikki xil allotropik shakl ko'rinishiga — metallmas va turg'unligi yuqoriroq bo'lgan metall xususiyatli modifikatsiyaga ega. Tellurda esa faqat metallik shakl ko'rinishi ma'lum. Kimyoviy xossalari esa ularda metallmaslik xususiyatlari ustunligidan darak beradi. *Poloniy* elementi uchun esa faqat metallik xususiyati ma'lum. *Kislrod* erkin holda suyuqlanganda, ayniqsa, qattiq kristallari assotsilangan dimerlardan ( $O_4$  molekulalaridan) iborat bo'ladi. Uning ba'zi xossalari: suyuqlanish temperaturasi —  $218,9^\circ C$ , qaynash temperaturasi —  $183,0^\circ C$ , qaynash temperaturasidagi zichligi  $1,429\text{ g/sm}^3$  va suyuq holdagi zichligi  $1,118\text{ g/sm}^3$ . Tellur uchun juda kuchsiz kislota  $H_6TeO_6$  yoki  $Te(OH)_6$  (oktaedr cho'qqilarida  $OH^-$  zarrachalari joylashgan), uning tuzlari  $Ag_6TeO_6$  va  $Hg_3TeO_6$  radiusi kattaroq bo'lgan ionlar bilan nordon tuz  $Na_2H_4TeO_6$  va  $K_2H_4TeO_6 \cdot 2H_2O$  lar olingan.

### Oltingugurtning fiziologik ahamiyati

Bu element ko'pchilik oqsil moddalar, soch, qushlar pati, tirnoq, qoramollar shoxi, tuyog'i tarkibiga kiradi. Kimyoviy korxonalar (ayniqsa mis olish kombinatlari), ko'mir yoqadigan sanoat korxonalari, benzin yoquvchi dvigatellar ishida hosil bo'ladigan oltingugurt(IV) oksidi  $SO_2$  o'simliklar faoliyatiga kuchli salbiy ta'sir ko'rsatadi.  $SO_2$  nam havoda chang bilan tumansimon g'ubor hosil qilib, muallaq holatda sulfat kislota tomchilariga aylanadi va bahorgi yog'inda yer yuzidagi o'simliklar ustiga «kislotali yomg'ir» bo'lib tushadi. Bunday sharoitda temir buyumlar korroziyasi tezlashadi.

### Savol va topshiriqlar

- ?
1. VI gruppacha elementlari atomlarining gidridlariga quyidagi xususiyatlarining o'zgarishi asosida tavsif bering: a) termik barqarorligi; b) qaynash va suyuqlanish temperaturallari; d) kislota-asosli va oksidlovchi-qaytaruvchi xossalari. Ularning qaysilarini elementning vodorod bilan reaksiyasi natijasida olish mumkin?
  2. Sulfit, selenit va tellurit kislotalarni: a) barqarorligi; b) kislotali xossasi; d) oksidlovchi-qaytaruvchi xossalari o'zgarishi asosida tavsiflang.
  3. Quyidagi tuzlar eritmalarida eritma muhiti qanday bo'ladi:  
a)  $Na_2S$ ; b)  $(NH_4)_2S$ ; d)  $NaHS$ ?

4. Vodород sulfidning  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  eritmalari bilan reaksiya tenglamalarini tuzing.
5. Quyidagi moddalarning qaysilari bilan kons.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reaksiyaga kirishadi: a)  $\text{HI}$ ; b)  $\text{NH}_3$ ; d)  $\text{P}$ ; e)  $\text{CO}_2$ ; f)  $\text{HCl}$ ; g)  $\text{Pt}$ ; h)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ; i)  $\text{Hg}$ ?  
Bu reaksiyalarda sulfat kislotasi xossalari qanday bo'ladi: 1) kislotali; 2) oksidlovchi; 3) kislotali ham, oksidlovchi ham emas?

## XII 5. Azot. Fosfor

Bu elementlar va ular birikmalarining ko'pchilik xossalari bilan o'quvchilar kimyo kursining 8–9-sinflari dasturlari asosidagi ma'lumotlarda tanishishgan. Biz bu qismda ularga xos bo'lgan ba'zi birikmalarga to'xtalib o'tamiz.

### XII.5.1. Azotning birikmalari

**Azotning gidridlari.** Ammiak, ammoniy gidroksid va ammoniy tuzlari haqidagi ma'lumotlar deyarli to'la hajmda o'quvchilarga ma'lum. Bir masalaga — ammiakning sanoat miqyosida sintezi



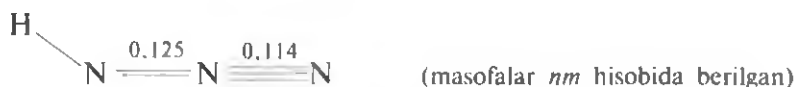
tenglamasiga to'xtalib o'tamiz. Bu reaksiya ekzotermik xususiyatga ega. Shu sababli muvozanatni o'ng tomonga siljitish uchun sistemaning bosimi mumkin qadar katta bo'lishi mahsulot unumini oshiradi (Le Shatelye prinsipi). Termodinamika nuqtayi nazardan, sistemaning temperaturasi qancha past bo'lsa mahsulot unumi shuncha katta bo'lishini aks ettiradi. Lekin, bunday past temperaturalarda reaksiya zarrachalar inertligi tufayli kutilgan natijaga erishib bo'lmaydi. Bu kamchilikni bartaraf etish uchun katalizator qo'llash taklif etilgan. Temperaturani oshirish hosil bo'lgan ammiakning termik dissotsilanishiga olib keladi. Reaksiya muvozanat konstantasi qiymatlarining temperatura va bosimga bog'liqligini hisoblash natijalari asosida bosim 500–1000 kPa va temperatura 500 °C, katalizator ustidan o'tkazilgan  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  va  $\text{NH}_3$  aralashmasini temperaturani keskin sovitish natijasida  $\text{NH}_3$  ning dissotsilanish tezligini pasaytirish va ammiakdan ajratib olingan azot-vodorod aralashmasini katalizator ustidan bir necha marta o'tkazish natijasida optimal rejim darajasi oshiriladi. Kimyoviy qonuniyatlar har doim ham termodinamik imkoniyatlar bilan kelisha olmasligi mumkin ekan.

**Azotning manfiy oksidlanish darajasi** yuqoriroq bo'lgan birikmasi gidrazin  $\text{N}_2\text{H}_4$  quyidagi reaksiya asosida olinadi:

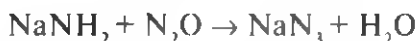


Bu modda qovushqoq gidrazingidrat  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$  holida ajratib olinadi. Bu modda ammiakka nisbatan kuchsiz asos xossaga ega, ikki xil tuz, masalan, vodorod xlorid bilan mono-  $[\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_3]^+\text{Cl}^-$  va dixlorgidrat  $[\text{H}_3\text{N}-\text{NH}_3]\text{Cl}_2$  larni hosil qila oladi. Bu modda juda yaxshi qaytaruvchi, uning ta'sirida kumush oksidning ammiakli eritmasi erkin kumushgacha,  $\text{CuSO}_4$  ning ammiakati mis(I) oksidgacha («kumush ko'zgu» reaksiyasini eslatadi) qaytaradi. Bunday reaksiyalarda gidrazin azotgacha oksidlanadi. Bu moddaning ko'pgina organik hosilalari ma'lum.

Azid kislota  $\text{HN}_3$  uchun quyidagi struktura formula taklif etilgan  $\text{H}-\text{N}=\text{N}=\text{N}$ , lekin unda azot atomi 5 valentli bo'lishi mumkin emasligi hisobga olinmagan. Elektronografik usulda uning fazoviy tuzilishini quyidagicha ifodalanadi:



Bu moddani olish uchun azot(I) oksidni  $190^\circ\text{C}$  da suyuqlantirilgan natriy amidi ustidan o'tkaziladi:



Hosil bo'lgan azid kislolaning natriyli tuziga sulfat kislota bilan ishlov beriladi:



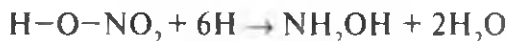
bu modda  $36^\circ\text{C}$  da qaynaydigan o'tkir hidli rangsiz suyuqlikdir. Qizdirilganda portlaydi:



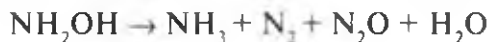
Bu kislota suvda yaxshi eriydi, uning tuzlari ko'pincha galoidvodorod kislotalar tuzlari kabi eruvchanlikka ega: kumush, qo'rg'oshin va simob azidlari  $\text{AgN}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$  va  $\text{HgN}_3$  lar suvda yomon eriydi, shu bilan Aggal, Pbgal<sub>2</sub> va Hggal tuzlarini eslatadi.

Metallar azidi ohista qizdirilganda suyuqlanib, keyin parchalanishi mumkin. lekin zarbaga chidamsiz, masalan,  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$  poroxni portlatuvchi modda sifatida qo'llanadi.

**Gidroksilamin.** Nitrat kislotani qo'rg'oshin elektrodda qaytarilganda quyidagi reaksiya bo'yicha gidroksilamin olingan:



Bu modda  $33^\circ\text{C}$  da suyuqlanadi, asta-sekin parchalanadi. Qizdirilganda parchalanish sxemasi quyidagicha bo'ladi:



Bu moddaning asos xossasi ammiaknikidan ham kuchsiz, uning tuzlari, masalan,  $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$  va  $(\text{NH}_2\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$  lar suvda gidrolizga uch-raydi, muhiti kislotali xususiyatga ega. Eritmada gidroksilaminga nisbatan kuchsizroq bo'lgan qaytaruvchilik xossaga ega. U Au va Hg tuzlarini metall holigacha, Cu(II) tuzlarini Cu(I) gacha qaytara oladi.

## XII.5.2. Azot oksidlari va kislotalari

Ularga to'g'ri keladigan kislotalari XII. 2-jadvalda keltirilgan.

Azot(I) oksid rangsiz shirin mazali hidga ega, oson ( $700^\circ\text{C}$  da)  $\text{N}_2$  va  $\text{O}_2$  ga parchalanadi, bu reaksiya ekzotermik xususiyatga ega. Bu gazning havo bilan aralashmasini (20%  $\text{O}_2$  va 80%  $\text{N}_2\text{O}$ ) hidlagan kishiga narkotik ta'sir ko'rsatadi, shu sababli uni «kuldiruvchi gaz» deb ham ataladi va jarrohlikda qo'llanadi.

Uning kislotasiga javob beradigan giponitrit kislota tuzini olish uchun natriy nitritni natriy amalgamasi bilan qaytarib olinadi:



XII. 2-jadval

Oksidlar	Formulasi	Kislotalari
Azot(I) oksid	$:\text{N} \equiv \overset{\cdot}{\text{N}} - \overset{\cdot}{\text{O}}: \rightleftharpoons \text{N} = \text{N} = \overset{\cdot}{\text{O}}$	giponitrit kislota
Azot(II) oksid	$\overset{\cdot}{\text{N}} = \overset{\cdot}{\text{O}}$	—
Azot(III) oksid	$\text{O} = \text{N} - \text{O} - \text{N} = \text{O}$	$\text{H} - \overset{\cdot}{\text{O}} - \overset{\cdot}{\text{N}} = \overset{\cdot}{\text{O}}$
Azot(IV) oksid	$\begin{array}{c} \overset{\cdot}{\text{N}} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{O} \end{array} \\ \text{O} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array} \overset{\cdot}{\text{N}}$	—
Azot(IV) qo'sh oksid	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array} \overset{\cdot}{\text{N}} - \overset{\cdot}{\text{N}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$	—
Azot(V) oksid	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array} \overset{\cdot}{\text{N}} - \text{O} - \overset{\cdot}{\text{N}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$	$\text{H} - \text{O} - \overset{\cdot}{\text{N}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$



Kislota (rangsiz kristall modda) beqaror, qizdirilganda yoki begona moddalar ta'sirida portlaydi. Tuzlari nisbatan barqaror, ular juda kuchli qaytaruvchi xususiyatga ega.

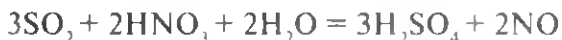
*Azot(II) oksid* ko'p miqdorda ammiakni Pt katalizatori ishtirokida oksidlab olinadi:



Laboratoriyada suyultirilgan nitrat kislotani qaytarib olish oson:



yoki

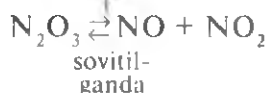


jarayonini o'tkazish lozim. Bu modda rangsiz gaz, suvda yomon eriydi, uning vodorod bilan aralashmasi alanga ta'sirida portlaydi. Havо kislорodi ishtirokida qo'ng'ir tusli azot(IV) oksidga aylanadi:

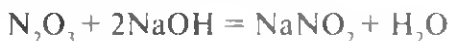


NO molekulasida toq elektron bo'lgani sababli, u past temperaturada dimer holatida bo'ladi; suyuq holatda qisman, gaz holatda esa batamom monomerlarga parchalangan bo'ladi.

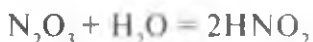
*Azot(III) oksid* — 102 °C da och ko'k tusli kristall, — 30 °C da to'q ko'k rangli suyuqlikka aylanadi. Bu gaz — 10 °C da parchalanadi:



Bu modda ishqor eritmasida darhol eriydi:



0 °C da suvda ko'k rangli eritma hosil qilib eriydi:

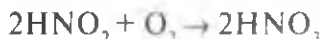


Bu modda eritmada nihoyatda beqaror:



Bu holatida:  $2\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

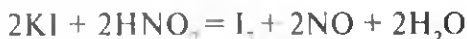
Nitrit kislota havо kislорodi ta'sirida oksidlanadi



va shu sababli kislota kuchli qaytaruvchi hisoblanadi:

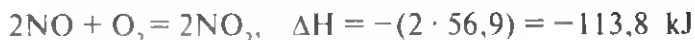


Nitrit kislota oksidlovchi ham bo'la oladi:



Bu modda sirka kislota kabi kuchsiz, lekin tuzlari nisbatan barqaror.

*Azot(IV) oksid va uning dimeri.* Azot(IV) oksid oddiy sharoitda azot(II) oksidning havo kislorodi yordamida oksidlanishidan hosil bo'ladi.



Bu moddani laboratoriya sharoitida konsentrlangan nitrat kislotani turli qaytaruvchilar bilan qaytarib olish mumkin:



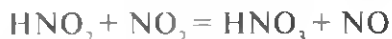
Qo'rg'oshin nitratning termik dissotsilanishi natijasida ham olish qulay:



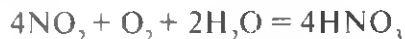
Bu gaz qizg'ish-qo'ng'ir rangli, qo'lansa hidli, uni ikkita kislota anhidridi deb qarash mumkin:



Nitrit kislota qo'shimcha miqdordagi  $\text{NO}_2$  ishtirokida oksidlanadi:



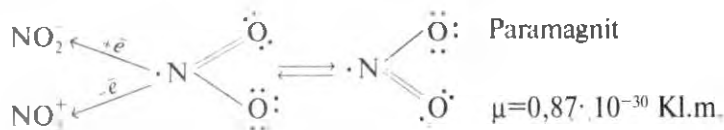
Havo kislorodi ishtirokida yuqoridagi reaksiya tenglamalarini quyidagicha birlashtirib yozish mumkin:



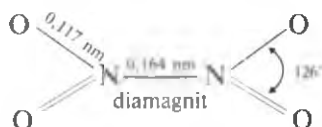
Azot(IV) oksid — 11 °C da rangsiz dimer molekulariga aylanadi:



Monomerning struktur formulasini ikkita holat oralig'ida bo'la olishi bilan tavsiflanadi:

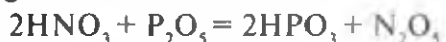


Dimer strukturasi uchun quyidagi formulani yozish mumkin:



Shu formula asosida monomerning paramagnit xossasiga ega bo'lishi va dimer hosil qilishini tushuntiriladi.

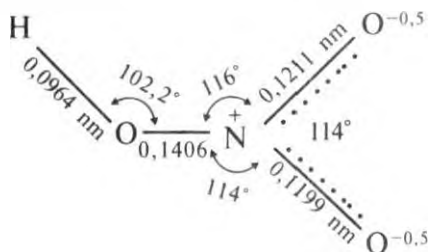
Azot(V) oksid nitrat kislotasi angidridi, uni  $P_2O_5$  bilan konsentrlangan nitrat kislotasidan dehidratlab olish mumkin:



Bu modda rangsiz kristall modda, turg'un emas, uy temperaturasida parchalanadi:



Nitrat kislotasi rangsiz, tutaydigan, suyuqlanish temperaturasi  $-41^\circ C$ , qaynash temperaturasi  $86^\circ C$  bo'lgan suyuqlik, u qisman  $2HNO_3 \rightleftharpoons H_2O + N_2O_5$  muvozanatida qatnashadi, shu sababli uning konsentratsiyasi taxminan 98% li bo'ladi, lekin  $N_2O_5$  eritmadan chiqib bug'lanib turishi sababli uni saqlash davomida konsentratsiyasi 68–69% va zichligi  $1,41 \text{ g/sm}^3$  holatiga keladi, uning tuzilish formulasi



*Kimyoviy xossalari* jihatidan bu kislotasi eng kuchli bo'lib, kislotalar orasida eng kuchli oksidlovchi xossaga ham ega. Metallmaslarni ko'pchiligini eng yuqori oksidlanish darajasiga qadar oksidlaydi ( $S \rightarrow SO_2$ ,  $As \rightarrow H_3AsO_4$ ,  $P \rightarrow H_3PO_4$ ). Metallardan faqat oltin, platina va boshqa ba'zi nodir metallargina nitrat kislotaga nisbatan turg'unidir (kumushni oltindan ajratishda nitrat kislotadan foydalaniladi).

Temir, xrom va aluminiy quyuq nitrat kislotada passiv holatga o'tadi, bunday metall suyultirilgan  $HNO_3$  yoki boshqa kislotalarda ham erimaydi, boshqa reaksiyalar (masalan, bunday temir eritmasidan misni ham siqib chiqara olmaydi)da ham qatnashmaydi. Shu passivlanish jarayoni tufayli konsentrlangan nitrat kislotasi reaksiyalarini po'lat yoki cho'yandan yasalgan idishlarda olib yurish imkoniyatini yaratadi. Aluminiydan yasalgan sistemalarda konsentrlangan kislotani tashib yurish mumkin ekanligi katta amaliy ahamiyatga ega.

Nitrat kislotani qaytarilish mahsulotlari qaytaruvchi metall tabiatidan tashqari kislotasi konsentratsiyasiga ham bog'liq; juda konsentrlangan eritmalaridan faqat azot(IV) oksidgina ajralib chiqadi. Azot(II) oksid hosil bo'lishi mumkin emas, chunki NO juda kuchli qaytaruvchi, uni konsentrlangan  $HNO_3$  emas, havo kislorodi ham hatto past temperatura-

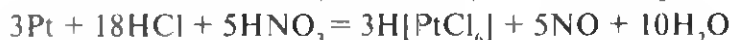
larda  $\text{NO}_2$  ga qadar oksidlaydi. Faqat kuchli qaytaruvchi metallar — ishqoriy va ishqoriy-yer metallari nisbatan barqaror  $\text{N}_2\text{O}$  gacha qaytarishlari mumkin.

$\text{HNO}_3$ konsentratsiyasi	Qaytaruvchilar	Mahsulotlar
konsentrlangan	Vodoroddan o'ngda joylashgan metallar	$\text{NO}_2$
suyultirilgan	Vodoroddan o'ngda joylashgan metallar	$\text{NO}$
suyultirilgan	Mg, Ca	$\text{N}_2\text{O}$
kuchli suyultirilgan	Co	$\text{N}_2$
juda suyultirilgan	Fe, Zn, Al, Sn	$\text{NH}_4^+$

oksidlanish darajasi ortib boradi

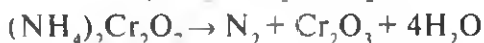
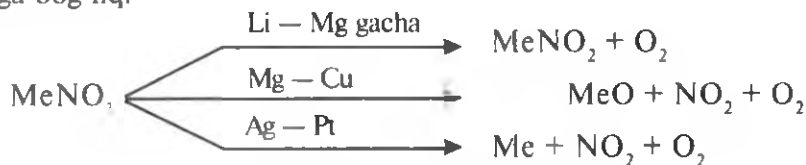
Suyultirilgan nitrat kislota passiv metallar (Pb, Cu, Ag, Hg va boshqalar) ishtirokida  $\text{NO}$  ga qadar qaytariladi. Juda suyuq (10% li konsentratsiyadan past bo'lgan) nitrat kislota aktiv metallar (Zn, Fe, Mg, Sn, Al, ishqoriy va ishqoriy-yer metallari) ishtirokida ammoniy ionigacha qaytariladi (yuqoridagi jadvalga qarang).

Taxminan 3–4 mol konsentrlangan xlorid kislota (35–36%) bilan 1 mol konsentrlangan (~70% li) nitrat kislota nodir metallar (Au, Pt va boshqalar)ni eritib, barqaror bo'lgan tetraxlorooltin(III) va geksaxloroplatin(IV) kislotalargacha oksidlaydi:



Bunday ikki kislota aralashmasini «shox arog'i» («zar suvi») deb nomlangan.

Nitrat kislota tuzlarining va boshqa azot tutgan tuzlarning termik dissotsilanishi tuz tarkibidagi metall atomining tabiati va boshqa vaziyatlarga bog'liq:



*Azot biokimyosi* o'simlik va tirik jonivorlar hayoti uchun katta ahamiyatga ega; bu element oqsillar, nuklein kislotalar, vitaminlar, gormonlar, o'simliklardagi alkaloidlar, xlorofill va gemoglobin kabi moddalar tarkibiga kiradi.

O'simliklar azotni nitratlar va ammoniy tuzlaridan o'zlashtiradi, ularni hayvonot va odamzod iste'mol etadi.

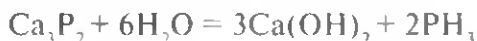
### XII.5.3. Fosfor va uning birikmalari

Fosforning turli xil allotropik shakl ko'rinishlari kimyoviy jihatdan aktiv-ligi bir xil emas, ularning zichligi ortib borishi bilan passivligi ham ortadi:

	Oq fosfor	Och qizil fosfor	Qizil binafsha	Binafsha fosfor	Qora fosfor
$\rho$ , g/sm	1,82	1,88	2,20	2,32	2,70

Ularning har biri kislorodda shiddatli (oq fosfor) yoki sust (qizil fosfor) bo'lsa ham  $P_2O_5$  gacha oksidlanadi. Oq fosfor galogenlar bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi, qizil modifikatsiyasi bunday sharoitda sekin reaksiyaga kirishadi. Oq fosfor hayot uchun xavfli ( $\sim 0,1$  g oq fosfor o'linga olib keladi), qolgan modifikatsiyalari hayot uchun xavfsiz.

**Fosforning vodorodli birikmasi** fosfin  $PH_3$  yoqimsiz hidli gaz, uni kalsiy fosfidning gidroliz reaksiyasi natijasida olinadi:



Bu moddani quyidagi disproporsiyalanish reaksiyasi asosida ham laboratoriyalarda olish mumkin:



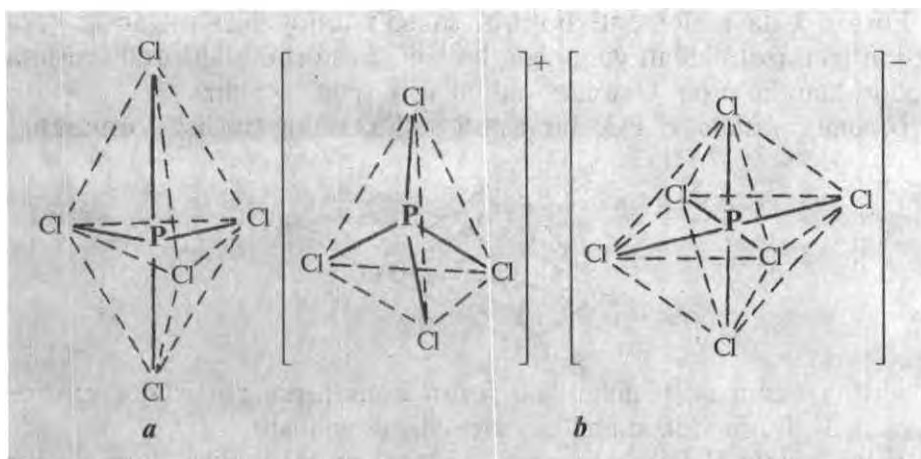
$PH_3$  havoda turg'un, uni suyuq holdagi  $P_2H_4$  alangalantirib yuboradi. Bu gaz suvda juda oz eriydi, eritmasi neytral xususiyatga ega. Juda kuchli kislotalar bilangina fosfony tuzlarini hosil qiladi va ularning dissotsilanish temperaturalari quyidagicha bo'ladi:

Parchalanish	$PH_3I$	$PH_3Br$	$PH_3Cl$	$(PH_3)_2SO_4$
temperaturasi, °C	+61	+39	-28	-30 dan pastroqda

Gidrazin kabi fosfor ham difosfin  $P_2H_4$  hosil qiladi, u kislotalar bilan tuzlar hosil qilmaydi, qizdirilganda  $PH_3$  va P ga parchalanadi.

**Fosfor galogenlar** bilan  $PGal_3$  va  $PGal_5$  birikmalarni, masalan,  $PCl_3$  va  $PCl_5$  ni hosil qiladi. Galogen atomlarining radiusi ortib borishi tartibida hosilalar barqarorligi kamayib boradi,  $PI_5$  birikma olingan emas. Fosfor(V) xlorid gaz holda uchburchakli bipyramida tuzilishiga ega (XII. 11-a rasm).

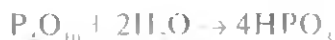
U kristall holatga o'tganida uning panjarasida tetraedr holatdagi tetraaxlorid kationi va oktaedr shaklga ega bo'lgan geksaxlorid anionlari joylashgan bo'ladi (XII. 11-b rasm). Uch valentli birikmalarining barqarorligi 5 valentli birikmalariga qaraganda yuqoriroq bo'ladi.



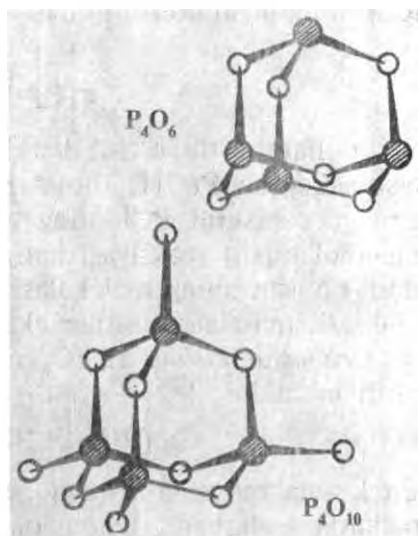
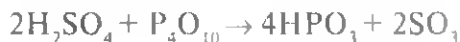
XII. 11-rasm. Fosforpentaxloridning gaz holda molekular tuzilishi (a) va uning qattiq holatdagi (b) tuzilishi.

Fosfor oksidlari  $P_4O_6$ ,  $P_4O_{10}$  va  $PO_2$  tarkibga ega bo'lib, P(III) oksidi oson ( $50^\circ C$  da, havo kislorodi ta'sirida) oksidlanadigan modda ( $P_4O_{10}$  hosil bo'ladi),  $P_4O_6$  molekulasiidagi har bir fosfor atomi o'zaro kislorod atomlari orqali birikkan, natijada oq fosforni tashkil etuvchi tetraedr piramida tuzilishli molekulada kislorod atomlari qurshovida joylashgan.  $P_4O_{10}$  molekulasida esa har bir fosfor atomi to'rtta kislorod atomlaridan tashkil topgan tetraedr markazida joylashgan bo'ladi (XII 12-rasm). Fosfor(V) oksidning suv yutish xususiyati juda kuchli, u suvni shiddatli ravishda biriktiradi.

**Fosforning kislotalari.** Oz miqdordagi suv bilan  $P_4O_{10}$  orasidagi reaksiya natijasida metafosfat, ko'p miqdordagi iliq suv bilan fosfat kislotani hosil qiladi:



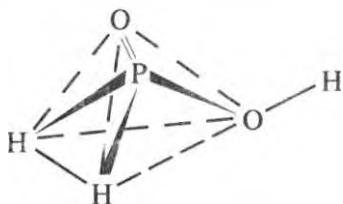
$P_4O_{10}$  turli moddalar tarkibidagi bog'langan vodorod va kislorod elementlarini suv holida tortib oladi:



XII. 12-rasm.  $P_4O_6$  va  $P_4O_{10}$  larning molekular tuzilishi.

Fosfor 3-davr elementi bo'lishi sababli uning birikmalarida koordination son azotnikidan yuqoriroq bo'ladi. Fosforning kislorodli kislotalari miqdori ham ko'proq. Ulardan muhimlarini sanab o'tamiz.

*Gipofosfit kislota*  $H_3PO_2$  bir asosli bo'lib, uning tuzilish formulasi



Bu kislota tuzini olish uchun oq fosfor konsentrlangan ishqor eritmasida qaynatiladi. Bu modda kuchli qaytaruvchi hisoblanadi.

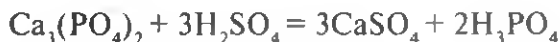
*Fosfit kislota*  $H_3PO_3$  ikki asosli kislota, uning tuzilish formulasi ham IV. 7 qismda keltirilgan. Fosfit kislota  $PCl_3$  ni gidroliz reaksiyasi natijasida olinadi. Keltirilgan ikkala kislotalarda fosfor atomi juft bog' orqali kislorod bilan bog'langanligi kimyoviy bog' hosil qilishda *3d*- orbital (*3s*- va *3p*- orbitallar juft elektronlar bilan band) ishtirok etishini talab etadi. Yuqorida keltirilgan formuladagi fosfit kislota bitta vodorod atomi fosfor bilan bevosita bog'langan ekanligi spektral usullar yordamida aniqlangan.

Gipofosfit va fosfit kislotalarning kuchli qaytaruvchi xususiyatga ega bo'lishi ( $PH_3$  va  $PH_4^+$  lar kabi) ularning termik parchalanishi natijasida fosforning hosil bo'lishi bilan tasdiqlanadi:



Shuni ham aytib o'tish kerakki, fosfit kislota  $HPO(OH)_2$  holatdan tashqari yana  $P(OH)_3$  holat kuzatilishi mumkin. Oxirgi struktura ham amalga oshirishini  $PCl_3$  ning gidrolizi va uning spirtlar bilan (masalan, metanol bilan) reaksiyasi natijasida metilfosfit murakkab efiri  $P(OCH_3)_3$  hosil bo'lishi uning molekulasida uchun organik moddalarga xos *tautomeriya* hodisasi, masalan kuzatilar ekan.

*Ortofosfat kislota*  $H_3PO_4$  ni tabiiy fosforitdan sulfat kislota ta'sirida olish mumkin:



Bu kislota moysimon quyuq, suvni o'ziga tortadi va suv bilan turli nisbatlarda aralashadi. Uning oksidlovchilik xossasi zaif ifodalangan, faqat yuqori temperaturada shu xossani namoyon eta oladi. Bu kislota ikki bosqichda dissotsilanadi, lekin uchinchi vodorod ioni deyarli dissotsilan-

maydi. Uning uch qator tuzlari — gidro-, digidrofosfatlar va oddiy fosfatlari ma'lum. Ishqoriy metallar bilan hosil qilgan o'rta tuzi eritmada birinchi bosqich bo'yicha deyarli to'la gidrolizga uchraydi; ikkinchi bosqichi oz miqdorda, lekin uchinchi bosqichi uchun bu jarayon deyarli kuzatilmaydi. Fosfat kislotaning nordon tuzlari bilan ishqorlar aralashmasi gidroliz mahsulotlari kabi xususiyatga ega:



$\text{Na}_2\text{HPO}_4$  eritmasi esa  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH}$  aralashmasi kabi kuchli kislotalarning kislotali xususiyatini yoki kuchli asoslarning asosli xususiyatini yumshatish xossasi (*bufer xossa*) ni namoyon etadi.

*Fosforning biokimyoviy xususiyatlari* o'ziga xos: uning quyi oksidlanish darajadagi birikmalari (oq fosfor, fosfidlar, oksidlanish darajasi +3 bo'lgan mahsulotlari) hayvon organizmi uchun kuchli zaharlovchi xossaga ega. Aksincha, eng yuqori oksidlanish darajasidagi birikmalari — fosfatlar organizm uchun zarur bo'lgan hujayralarning tarkibiy qismini tashkil etadi. Organizm uchun fosforning birikmalari suyak va tishda fosfatlar, suyak kollageni bilan birgalikda organik tabiatli mahsulotlar juda zarur. Undan tashqari, natriy gidro- va digidrofosfatlari qon sistemasining muhitini bikarbonatlar bilan birgalikda bir me'yorda saqlashdek ulkan va muhim vazifani ado etadilar.

Fosfat kislotaning turli mahsulotlari — *fosfatidlar* (yog'lar mahsuloti), *fosfoproteidlar* (sut kazeini va tuxum sarig'i *vitellini*), nasl alomatlarini saqlovchi nuklein kislotalar, vitamin B<sub>1</sub> va B<sub>2</sub> organizm uchun zarur moddalardir.

Fosfor birikmalari hujayralarda sodir bo'ladigan oksidlanish jarayonlarida, spirtli bijg'ishda va mushaklar qisqarishida faol qatnashadi.

## XII. 5.4. O'g'itlar

O'g'itlarni kelib chiqishiga qarab — anorganik (*mineral*), *organik*, *mineral-organik* va *bakterial* sinflarga bo'linadi. Ular suyuq yoki qattiq holatda bo'lishi mumkin.

*A. Mineral o'g'itlar* yer ostidan qazib olinadigan va unga sanoat usulida ishlov beriladigan mahsulotlar bo'lib, ular tarkibida tuproq unumdorligini oshiradigan, o'simliklarning normal rivojlanishi uchun zarur bo'lgan kimyoviy elementlar atomlari mavjud.

O'g'itlar *oddiy* (bir komponentli) ham *kompleks* turlarga bo'linadi va tarkibida ikki xildan kam bo'lmagan elementlar atomlari aralashgan bo'ladi. O'simliklar uchun eng muhim bo'lgan elementlar atomlari uchta: azot, fosfor va kaliy hisoblanadi.



## Azotli o'g'itlarning ba'zi xossalari

O'g'it	Formulasi	Azotning massa ulushi	Suvdagi eruvchanligi (10 °C da)	Nam yutish hossasi
1	2	3	4	5
Natriyli selitra	$\text{NaNO}_3$	—16	yuqori	oz
Kalsiyli selitra	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	—17,5	yuqori	kuchli
Amiakning suyuq eritmasi	$\text{NH}_4\text{OH}$	82	—	—
Ammoniy gidroksid	$\text{NH}_4\text{OH}$	18—20,5	—	—
Ammoniy sulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20,8—21,0	yuqori	oz
Ammoniy xlorid	$\text{NH}_4\text{Cl}$	24—25	cheklangan	oz
Ammoniy nitrat	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34	juda yuqori	kuchli
Karbamid (mochevina)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46	yuqori	kuchli

Azotli o'g'itlar xillari quyidagilardir:

1. Ammiakning suyuq eritmasi ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).

2. Karbamid  $\left[ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{P} \\ \text{O} \end{array} \right]$ .

3. Ammoniy sulfat [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ].

4. Ammoniy nitrat bilan ammoniy sulfat aralashmasi.

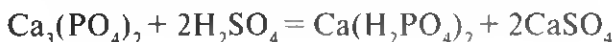
5. Ammoniy selitrasi va kalsiy karbonat aralashmasi.

O'simliklar o'g'it tarkibidagi  $\text{NO}_3$  ionidagi azotnigina o'zlashtiradi, ammiak, karbamid va ammoniy sulfat tarkibidagi ozuqa moddalarni tuproq bakteriyalari  $\text{NO}_3$  ioniga aylantiradi.

Yuqoridagi jadvalda azotli o'g'itlarning asosiy xossalari jamlangan.

**Fosforli o'g'itlar** o'simliklar uchun asosiy oziq moddalaridan biridir. Ularning xillari turlichadir:

1. *Oddiy superfosfat* olish uchun fosforit  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  ga 60% li sulfat kislota bilan ishlov beriladi, uning tarkibida ~35%  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , 5%  $\text{CaSO}_4$ , 8%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  va boshqa mahsulotlar ~7% bo'ladi:



Agar fosforit tarkibida  $\text{CaF}_2$  ham bo'lsa, reaksiyada HF hosil bo'ladi, u  $\text{SiO}_2$  bilan muhitga  $\text{SiF}_4$  gazini tarqatadi.

2. *Qo'shaloq superfosfat* olishda fosforitga 40% li  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bilan ishlov beriladi, tarkibida  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , qisman  $\text{CaHPO}_4$  bo'ladi, lekin oddiy superfosfatdagi ballast modda  $\text{CaSO}_4$  bo'lmaydi:



Quyidagi jadvalda fosforli o'g'itlarning asosiy xossalari keltirilgan.

XII. 4-jadval

O'g'it	Kimyoviy tarkibi	$\text{P}_2\text{O}_5$ ning massa ulushi, %	Eruvchanligi
1	2	3	4
Oddiy superfosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 + 5\%$ chamasida $\text{H}_3\text{PO}_4$	19—20	Suvda eriydi
Qo'shaloq superfosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} +$ qisman fosfat kislota	43—46	Suvda eriydi
Pretsipitat	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	22—37	Ammoniy sitrati (limon kislota tuzi)da eriydi
Suyak uni	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$	30	Limon kislotada qisman eriydi
Fosforit uni	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$ va $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ ning va temir, aluminij birikma- larining aralashmalari	14—30	Limon kislotada qisman HCl va $\text{HNO}_3$ eritmalarida to'liq eriydi

Kaliyli o'g'itlar sifatida texnik kaliy xlorid, kaliy sulfat, silvinit rudasi  $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$  bilan texnik kaliy xlorid aralashmasi ishlatiladi. Tarkibida KCl bo'lgan o'g'itlar havo namini yutishi texnik noqulaylik tug'diradi.

Kaliyli o'g'itlar o'simliklarning o'sishini va ulardagi almashinish jarayonlarini kuchaytiradi, ularning sovuqqa chidamligini va qurg'oq-chilikka bardosh berishini kuchaytiradi.

5-jadvalda kaliyli o'g'itlarning asosiy xususiyatlari keltirilgan:

## Kaliyli o'g'itlarning asosiy xossalari

O'g'it	Kimyoviy tarkibi	K <sub>2</sub> O ning foiz tarkibi	Nam tortishi
Kaliy xlorid	KCl, qisman NaCl aralashgan	53,5—62,5	qisman
Kaliy sulfat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	48—50	nam yutmaydi
Kaliy, magniy sulfatlari	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + MgSO <sub>4</sub>	28	nam yutmaydi
Aralash kaliyli tuz	KCl · NaCl	40	qisman
Kalimag (kaliy-magniyli konsentrat)	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 2MgSO <sub>4</sub> + oz miqdorda CaSO <sub>4</sub> va NaCl	17,5—19,5	nam yutmaydi
Silvinit	KCl + NaCl (75—80% NaCl)	14	qisman
Kainit	KCl · MgSO <sub>4</sub> · 3H <sub>2</sub> O (~50% NaCl)	9,5—10,5	qisman
Karnallit	KCl · MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O (qisman NaCl)	12—13	kuchli
Kaliy karbonat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	55—56	namiqadi

Sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan kompleks o'g'itlarga kaliyli selitra, ammosfos, diammosfos, nitrofoska, nitroammosfoska, superfoska va boshqalar kiradi (6- jadval).

**Malik Nabiyeovich Nabiye** (1915—1995). O'zbekiston FA akademigi. O'zbekistonda o'g'it sanoatini rivojlantirishda aktiv faoliyat ko'rsatdi. Uning rahbarligida tabiiy qazilma — kalsiy fosforitga nitrat kislota bilan ishlov berish natijasida yangi kompleks o'g'it olindi; bundan oldin ishlab chiqarilgan superfosfatlar (birlamchi va ikkilamchi) sifatini yaxshilashga hissa qo'shdi.

Uning rahbarligida Qoratog' fosfatlaridan superfosfatlar ishlab chiqarish texnologiyasi yaxshilandi, kam zaharli defoliantlar ishlab chiqarish ustida tadqiqotlar olib borildi.

M. N. Nabiye rahbarligida Markaziy Qizilqumda tarkibida fosfor bo'lgan xomashyosi, O'rita Osiyoda tabiiy kaliyli tuzlar konlari o'rganildi hamda Respublikamiz uchun o'zining fosfor va kaliy xomashyosi bazalarini tuzishga asos solindi.

U Beruniy nomidagi Davlat mukofotiga sazovor bo'lgan.

## Kompleks o'g'itlarning asosiy xossalari

O'g'it	Oziqa moddalarining miqdori (% ulushlarda)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O
		O'zlash-tiriladigani	Suvda eriydigan qismi		
Texnik kaliyli selitra	13,8	—	—	46,4—46,5	60,2—60,3
Ammofos (yuqori navli)	12	52	48	—	64
O'g'itlovchi ammosfos (sulfoammosfos)	12	39	29	—	51
Nitrofoska	11	10	50	11	32
Nitroammosfos	23	23	22	—	46
Nitroammosfoska	17	17	15	17	51
Karboammosfos	24	24	17—19	—	48
Karboammosfoska	17	17	—	17	48—54
Suyuq kompleks o'g'itlar	10	34	—	—	44

Markaziy Qizilqumda yirik kimyoviy korxonada mahalliy xomashyodan fosforit kukuni ishlab chiqarila boshlandi. Bu mahsulotdan superfosfat tayyorlanadi.

O'zbekistonda kimyo sanoatining rivojlanishi uchun turli-tuman tabiiy boyliklari va ijtimoiy-ilmiy shart-sharoitlari mavjud. Respublikamiz hududida uchraydigan qazilma boyliklar Davriy sistemadagi deyarli barcha metallar tutgan qazilmalar, arzon energiya manbalari va ko'plab korxonalarini xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan mahsulotlar — 100 ga yaqin turdagi mineral xomashyoni o'zida tutadigan 2,7 ming kon aniqlangan.

O'zbekistonda kimyo sanoatining to'ng'ich korxonasi 1935-yildan buyon Chirchiq shahridagi „Elektroximprom“ birlashmasi ammiakli selitra, vodorod, ammiak, azot, kislorod, og'ir suv, nitrat kislota, karbamid va hozir kaprolaktam ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan.

Qishloq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan kaliy, azot va fosforli o'g'itlarni Farg'onadagi „Azot“, Navoiy shahridagi „Navoiyazot“, Samarqand va Olmaliq kimyo zavodlarida ishlab chiqarilyapti.

*Organik o'g'itlar.* O'simliklar uchun ahamiyati katta bo'lgan o'g'itlar orasida qoramol go'ngi, qush go'ngi, o'simliklardan tayyorlangan kompostlar, sapropel, suv havzasi ostidagi balchiqlarni aytib o'tish kerak.

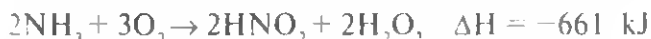
Qoramol go'ngi tarkibida oziq elementlarining foiz miqdori (ho'l holdagi mahsulot tarkibida) quyidagicha bo'ladi: azotning umumiy miqdori — 0,25; ammiak azoti — 0,14;  $P_2O_5$  — 0,09;  $K_2O$  — 0,35;  $MgO$  — 0,05 ni tashkil etadi. Oziq moddalari miqdori vaqt o'tishi bilan kamayib boradi, lekin go'ngning tuproq strukturasi yaxshilashdagi roli hammaga ma'lum.

Tarkibida P va K bo'lgan aralash o'g'itlarni mexanik aralashtirib tayyorlanadi, ularning massa nisbatlari  $N : P : K = 1 : 0,85 : 1,7$  chamasida bo'ladi. Bunday o'g'itlarni tayyorlash uchun fosforitni nitrat kislota bilan, keyin ammoniy sulfat (shu jarayonda  $CaSO_4$  cho'kmasini filtrlab olinadi) va ular aralashmasini ammoniy gidroksid eritmasi bilan neytrallanadi. Olingan mahsulotga KCl yoki  $K_2SO_4$  qo'shib suvni bug'latiladi va undan donador o'g'it tayyorlanadi.

O'simliklarning yaxshi rivojlanishi uchun tuproq tarkibida 10 ta makroelementlar — C, O, H, N, P, S, K, Ca, Mg va Fe lardan tashqari quyidagi mikroelement B, Mn, Cu, Mo, Zn va Co bo'lishi kerak. Mikroo'g'itlar sifatida sanoat chiqindilari (shlaklar, shlamalar) ishlatiladi.

*Bakterial o'g'itlar* tuproq tarkibiga kiruvchi mikroorganizmlarni tutadi. Ko'proq ishlatiladigan *nitrugin* o'g'iti dukkakli o'simlikning har qaysi turi uchun o'ziga xos bakteriyalarini steril substratda urchitiladigan mahsulotdan ajratib olinadi.

Tuproq tarkibidagi oqsil moddalarning chirishi natijasida hosil bo'lgan ammiak *nitrifikatsiya* jarayonida nitrit va nitrat kislota va ularning tuzlariga aylanadi. Nitrifikatsiya jarayoni bir necha ketma-ket reaksiyalar natijasi bo'lib, uni umumiy reaksiya tenglamalarini quyidagicha jamlash mumkin:



va

Havo tarkibidagi erkin azotni o'zlashtiradigan bakteriyalar (*Azot-bacter chroococcum*) dan *azotogen* va *azotobakterin* deb ataladigan bakterial o'g'itlarni fosforli o'g'itlar va molibden birikmalariga aralashtirib ishlatish natijasida hosil 20—25% gacha ortadi.

Polimerlar tarkibidagi o'g'itlar bir necha yillar davomida oz-oz miqdorda oziq moddalari tuproqqa ajratib turishi qulay. Masalan, mochevina va formaldegid (karbamidoform) mochevinaning formaldegid bilan kondensatsiya mahsulotlari bo'lib, uning tarkibida umumiy azot miqdori 33—40% bo'lsa, undan suvda eriydigani 4—10% ni tashkil etadi. Qolgan miqdori keyinchalik asta-sekin tuproq tarkibiga o'tishi qulaydir.

- ?
1. Azotning quyidagi birikmalardagi oksidlanish darajasini aniqlang:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NH}_2\text{OH}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2\text{H}_6\text{Cl}_2$ ,  $\text{NH}_3\text{OH}^+$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_2$ .
  2. Azot atomi oksidlovchi ham qaytaruvchi bo'ladigan reaksiyalar tenglamalaridan keltiring.
  3. Ammiak uchun birikish, oksidlanish va vodorodini almashtirish reaksiya tenglamalaridan keltiring.
  4. Quyidagi tuzlarning termik parchalanish reaksiya tenglamalarini tuzing.  
 $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (ikki bosqichli),  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  (uch bosqichli),  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
  5. Quyidagi reaksiya tenglamalarini tugallang, elektron sxemalarini tuzing va koeffitsientlarni tanlang:  
a)  $\text{NO} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;      b)  $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{FeCl}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3 + \dots$   
d)  $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow$ ;      e)  $\text{PH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow$   
f)  $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ;      g)  $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag} \dots$
  6. Nitrat kislota ning rux, magniy, simob, mis, yod, uglerod va oltingugurt bilan reaksiyalari tenglamalarini yozing. Nitrat kislota ning qaytarilish mahsulotlarining tarkibi nimalarga bog'liq?
  7. Fosforning oksidlanish darajasi +5 bo'lgan birikmasi nazariy jihatdan oksidlovchi bo'lishi kerak.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  da vodorod ioni suvli eritmada aktiv metallar bilan reaksiyasida oksidlovchi bo'ladi, lekin fosforning oksidlovchi bo'lishini yuqori temperaturada koks bilan reaksiyasi natijasidagina kuzatish mumkin. Shu reaksiya tenglamasini, uning elektron sxemasini va tegishli koeffitsientlarni tanlang. Azot(V) va fosfor(V) larning oksidlovchi xossalardagi farqni qanday tushuntirish mumkin?

## **XII 6. Uglerod va kremniy**

Neytral holdagi uglerod va kremniy elektron analoglar bo'lib, qolgan uchta element — germaniy, qalay va qo'rg'oshin o'zaro o'xshash elementlarni tashkil etadi. Bu gruppachadagi elementlar xossasida metallmasdan (uglerod va kremniy) metall xususiyatli elementlarga (germaniy-qo'rg'oshin) o'tish sur'ati Davriy sistemadagi boshqa gruppalaridagiga qaraganda ancha keskin yuz beradi. Qo'shimcha gruppachadagi elementlarning elektron konfiguratsiyalariga binoan ular kimyoviy jarayonlarda elektron qabul qilish xususiyatiga ega bo'lmasligi kerak. Shu bilan birga titan gruppachasidagi elementlar xossalarda kremniyga o'xshashlik ularning maksimal valentligida kuzatilishini kutish lozim.

## IVA gruppacha elementlarining ba'zi fizik xossalari

Elementlar	Uglerod	Kremniy	Germaniy	Qalay	Qo'rg'oshin
E <sup>2+</sup> ion radiusi, nm	—	—	—	0,112	0,120
Kovalent radiusi, nm	0,077	0,117	0,122	0,140	0,154
Suyuqlanish temperaturasi, °C	3800	1423	937	232	327
Ionlanish potentsiali, kJ/mol					
I <sub>1</sub>	1090	790	760	710	720
I <sub>2</sub>	2400	1600	1500	1400	1500
I <sub>3</sub>	4600	3200	2300	2900	3100
I <sub>4</sub>	6200	4400	4400	3900	4100

XII. 7-jadvalda asosiy gruppacha elementlarining ba'zi fizik xossalari keltirilgan.

Davriy sistemada gruppada yuqoridan pastga tushish tartibida kovalent bog' hosil qilish energiyasi pasayib boradi va shu sababli quyiroqda joylashgan elementlar atomlarida past valentli birikmalar turg'unligi orta boradi.

## XII. 6.1. Uglerod

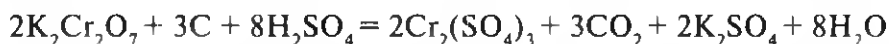
Bu element tabiatda eng keng tarqalganlar qatoridan birinchi o'rinda turmasa ham, uning tirik dunyo asosini tashkil etishi bo'yicha ahamiyati juda katta.

Bu element tabiatda gazsimon holatda (CO<sub>2</sub>, tabiiy gazlar) suyuq holatda [neft, Me(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>ning suvda erigan holati]gi moddalar tarkibida va qattiq moddalar holatidagi birikmalarda (kalsiy — bo'r, ohaktosh va marmar ko'rinishida), toshko'mir holatida keng tarqalgan. Erkin holatdagi uglerod tabiatda shu elementning allotropik shakllari olmos va grafit ko'rinishida ham uchraydi.

Uglerodning kristall holati — grafit va amorf holati — qurum, yog'ochning chala yonish mahsuloti «pista ko'mir» deb atalgan amorf holatida aktivligi yaxshi bo'ladi. Bunday ko'mir xo'jalikda va qora porox tayyorlashda ishlatiladi, u adsorbent sifatida ham ishlatiladi. Qurum holidagi juda mayda uglerod qora bo'yoq, tush kabi mahsulotlar tayyorlashda qo'llanadi.

Uglerod metallmaslarga xos bo'ladigan (ftor va nodir gazlardan tashqari) ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi bo'la oladi.

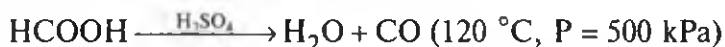
Aktiv metallar bilan karbidlar hosil qilishda oksidlovchi bo'lsa, oksidlovchilar (kislorod, konsentrlangan sulfat va nitrat kislotalar, qora porox tarkibidagi  $\text{KNO}_3$ , Bertole tuzi, kislotali sharoitda kaliy bixromat va boshqalar) ta'sirida uglerod odatda,  $\text{CO}_2$  holatigacha oksidlanadi;



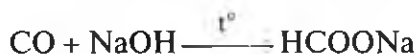
Kislorodli birikmalari faqat CO va  $\text{CO}_2$  dan iborat. Uglerod(II) oksid beqaror, qaytaruvchi xossasi yuqori bo'lgan, hayot uchun zaharli (is gazi) bo'lgan gaz. Unda uglerodning va kislorodning valentligi uchga teng. Bu mahsulot ko'mirning chala yonishida yoki  $\text{CO}_2$  ning cho'g'langan ko'mir bilan birikishi natijasida hosil bo'ladi:



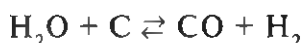
Bu moddani laboratoriyada chumoli kislotaning konsentrlangan sulfat kislota bilan reaksiyasi natijasida olish mumkin:



Bu gaz suvda erimaydi, konsentrlangan issiq ishqorda eriydi:

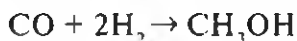


Cho'g'langan koks ustidan qizdirilgan suv bug'ini o'tkazish natijasida quyidagi reaksiyani amalga oshirishda suv gazi (sintez-gaz deb ham ataladi) olinadi:



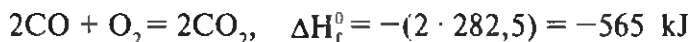
Ko'mirni gazifikatsiyasini amalga oshirish imkoniyati neftni haydashdan olinadigan oraliq moddalar o'rniga foydali organik moddalarni ko'p tonnalab sintez qilish uchun arzon mahsulot manbayi bo'lishi kutiladi.

Hozir sanoatda suv gazidan xrom va rux oksidlari katalizatorligida quyidagi jarayon amalga oshirilishi o'quvchilarga tanish:



Bu aralashmadan karbon kislotalarining uglevodorod zanjirini uzaytirish (gomologlash jarayoni) uchun (masalan, sirka kislotadan propion kislota olish) qo'llanilishi amaliy ahamiyati katta.

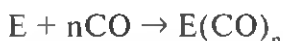
Uglerod(II) oksid kuchli qaytaruvchi modda:



Uglerod(II) oksid yuqori temperaturada metallar oksidlarini qaytarish jarayonida qatnashadi (domna jarayonini eslang).



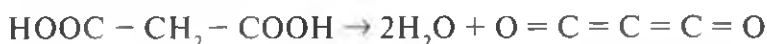
Uglerod(II) oksid metallar bilan karbonillar hosil qiladi. Bunday birikmalar, odatda, oraliq *d*-metallar bilan CO ni yuqori bosim ostida qizdirib yoki kukun holiga keltirilgan metall bilan reaksiya natijasida olinadi:



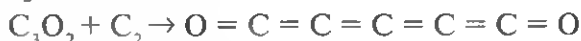
Ularning ba'zilari, masalan,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ,  $\text{Mo}(\text{CO})_6$  larni koordinatsion birikmalar deb qaraladi. Ular oson bug'lanadigan suyuq yoki qattiq moddalar, suvda erimaydi, ko'pchilik organik erituvchilarda yaxshi eriydi, zaharli va qizdirishga nisbatan beqaror birikmalardir.

Uglerodning yana bir oksidi  $\text{C}_3\text{O}_2$  (tuzilish formulasi

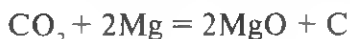
$\text{O}=\text{C}=\text{C}=\text{C}=\text{O}$ ) malon kislotasidan  $\text{P}_2\text{O}_5$  yordamida suvni tortib olish natijasida hosil bo'ladi:



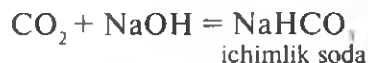
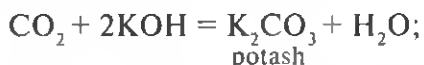
Bu mahsulot rangsiz bo'g'uvchan gaz, suv bilan birikib yana malon kislotani hosil qiladi. Bu gaz qizdirilganda molekular uglerod ( $\text{C}_2$ ) bilan  $\text{C}_3\text{O}_2$  birikib  $\text{C}_5\text{O}_2$  ni hosil qiladi:



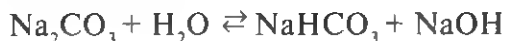
Uglerod(IV) oksid  $\text{CO}_2$  suvda erib juda kuchsiz karbonat kislotasi  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ni hosil qiladi, bu kislotasi suyuq holdagi eritmasidagina ma'lum.  $\text{CO}_2$  ayrim molekullardan tuzilgan bo'lib, unda 2 ta  $\pi$ - va *sp*-gibrid orbital hisobiga 2 ta  $\sigma$ -bog' mavjud:  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ , atomlararo masofa 0,115 nm, bog'lari qutbli bo'lsa ham molekula qutbsiz. Ekzotermik reaksiya mahsuloti bo'lishi tufayli uning oksidlovchi xossasi mavjud. Masalan, kislorodga moyilligi katta bo'lgan metallar (K, Mg, Zn) yonishini  $\text{CO}_2$  atmosferasida davom ettirish mumkin:



Ishqorlarda eriganda o'rta tuz (karbonatlar) yoki nordon tuz (gidrokarbonatlar) hosil qilishi mumkin:



Ishqoriy metallar karbonatlari qizdirishga bardoshli, ular suyuqlanadi:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  853 °C da,  $\text{K}_2\text{SO}_3$  esa 894 °C da suyuqlanadi; ko'pchilik metallar karbonatlari qizdirilganda  $\text{CO}_2$  va oksid holigacha parchalanadi. Faqat ishqoriy metallar, talliy(I) va ammoniy karbonatlari suvda eriydi; tuzlari gidroliz jarayonida qatnashadi:



Eritma ishqoriy muhitga ega bo'lsa ham, gidroliz chuqur bo'lmaydi (0,05 molyarli eritmada 3,5%, 0,005 molyarli eritmada esa 12% ga yetadi).

Karbonatlar bilan gidrokarbonatlarning eruvchanligi IA va IIA gruppacha elementlar atomlari bilan birikmalari uchun teskari qonuniyatga ega: ishqoriy metallar karbonatlariga qaraganda ularning gidrokarbonatlari kamroq eriydi, va aksincha, ishqoriy-yer metallar karbonatlari suvda deyarli erimaydi, gidrokarbonatlari esa yaxshi eriydi.

Qo'ng'iroq shahri yaqinida soda ishlab chiqaradigan kombinat ishga tushdi, bu kombinatda, asosan, kaustik soda va ichimlik soda ishlab chiqariladi.

## Karbidlar

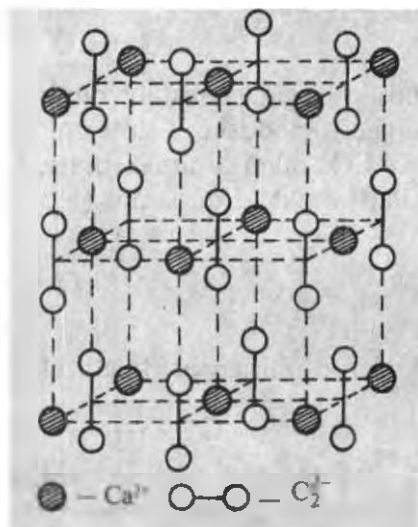
Uglerod metallar bilan yuqori temperaturada birikib karbidlarni hosil qiladi. Ularni, ko'pincha, metall oksidlarini uglerod bilan qaytarish davomida olish mumkin, masalan:



Kalsiy karbid  $\text{Ca}^{2+}$  va  $(-\text{C}\equiv\text{C}-)^{2-}$  fragmentlaridan tashkil topgan kristall modda tuzilishiga ega (XII. 13-rasm).

Uglerodning metallar, kremniy va bor bilan hosil qilgan karbidlari qattiq moddalar bo'lib, suvda parchalanadigan xususiyatga ega. Ishqoriy, ishqoriy-yer metallari, siyrak-yer elementlari, aluminiy bilan hosil qilgan birikmalari ion tabiatli bo'lib, ular suv ta'sirida gidroksidlar va uglevododlar (metan, atsetilen) hosil qiladi. Ba'zilari, masalan, mis(1) va kumush karbidlari zarbadan yoki qizdirilganda portlaydi. Berilliy, bor va kremniy karbidlari kovalent tabiatli juda qattiq, o'tga bardosh, kimyoviy inert xossaga ega bo'ladi. IV—VII grupp elementlar va temir oilasi elementlari atomlarining karbidlari metall atom kristall panjarali bo'lib, metall atomlari oralig'idagi bo'shliqlarda uglerod atomlari joylashgan. Ular metallsimon, elektr tokini o'tkazuvchan, qattiq, o'tga bardosh va kimyoviy barqaror mahsulotlardir. Ba'zi muhim karbidlarning xususiyatlari:

$\text{B}_4\text{C}$  — qora kristall,  $t_{\text{suvoql}} = 2350^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , kislotalarda erimaydi, issiq ishqorda parchalanadi. Olmos va bor nitrid (BN) kabi juda qattiq, yarim o'tkazgich xususiyatli, charxlash xususiyati yaxshi.



XII. 13-rasm. Kalsiy karbid kristall panjarasining tuzilishi.

VC — qora kristall,  $t_{\text{suyuqli}} = 2600^\circ\text{C}$ , nitrat kislotada parchalanadi. Bu modda cho'yandan po'lat olishda legirlovchi vanadiy qo'shilganda hosil bo'lib, po'latning qattiqligiga sababchi bo'ladi.

WC — suyuqlanish temperaturasi  $2780^\circ\text{C}$ , bunda qisman parchalanib  $\text{W}_2\text{C}_x + \text{C}$  ga aylanadi, qattiq qotishmalar olishda legirlovchi qo'shimcha bo'ladi.  $\text{Mg}_2\text{C}_3$  suvda parchalanib metilatsetilen  $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}$  ni hosil qiladi.  $\text{Fe}_3\text{C}$  **sementit** (nikel va marganes karbidlari ham) ionli va metall karbidlari oralig'idagi mahsulotlardir.

Metall karbidlarini quyidagi uch guruhga bo'lish mumkin:

1. *Tuzsimon karbidlar*

— metanidlar ( $\text{Be}_2\text{C}$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ )

— asetilenidlar ( $\text{Cu}_2\text{C}_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{C}_2$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{SrC}_2$ ,  $\text{BeC}_2$ ,  $\text{MgC}_2$ ,  $\text{BaC}_2$ ,  $\text{ZnC}_2$ ,  $\text{CdC}_2$ ,  $\text{HgC}_2$ )

— propinidlar ( $\text{Al}_2\text{C}_6$ ,  $\text{Ge}_2\text{C}_6$ ,  $\text{Mg}_2\text{C}_3$ )

2. *Kovalent bog'li karbidlar*

silitsidlar  $\text{SiC}$ , boridlar  $\text{B}_{12}\text{C}_3$ ,  $\text{B}_{12}\text{C}_2$

(juda qattiq, inert, issiqqa chidamli)

3. *Metallsimon karbidlar* ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Mn}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Mn}_7\text{C}_3$ ) juda qattiq, kislotalar ta'siriga chidamli, havoda  $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$  gacha turg'un.

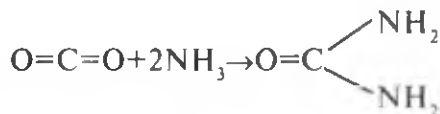
### Uglerodning boshqa birikmalari

CO bilan xlor aralashmasiga nur ta'sir ettirilganda fosgen hosil bo'ladi. Aktivlangan ko'mir ishtirokida:

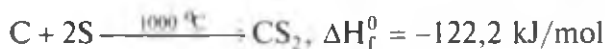


hosil bo'lgan mahsulot rangsiz, o'ziga xos hidli kuchli zaharlovchi modda, organik moddalarni sintez qilishda ishlatiladi.

$\text{CO}_2$  bilan ammiak orasidagi reaksiya natijasida ( $130^\circ\text{C}$ , bosim ostida) sifatli o'g'it — karbamid (mochevina) hosil bo'ladi:



Uglerod oltingugurt bug'i bilan uglerod sulfid  $\text{CS}_2$  hosil qiladi:



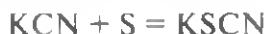
Bu moddaning barqarorligi kam, asta-sekin sariq tusga kiradi.  $\text{CS}_2$  qutbsiz, ko'p ishlatiladigan erituvchi, zaharli.

Uglerodning azotli birikmasi *sian* — dimer holdagi *ditsian*  $(\text{CN})_2$  holida quyidagi tenglama bo'yicha grafit elektrodlar yoyida hosil bo'ladi:



Shu reaksiya erkin vodorod yoki bog'langan vodorod (masalan,  $NH_3$ ) ishtirokida sianid kislota  $H-C\equiv N$  ga aylanadi. Bu kislota suyuq modda, ko'pchilik suyuqliklar bilan aralashadi, hidi achchiq bodom hidini eslatadi. Bu kislota juda kuchsiz, sirka kislotadan  $3,5 \cdot 10^5$  marta kuchsiz, *juda kuchli zahar*, uning havodagi miqdori 0,3 mg/l bo'lganda hayot bir necha minutda to'xtaydi.

Shu kislotaning kaliyli tuzi eritmasini oltingugurt kukuni bilan qizdirilganda *rodanid* kislota tuzi hosil bo'ladi:

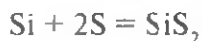


Rodanid kislota kuchli kislotalardan biri. Bu kislota anioni temir(III) ioni bilan qiyin dissotsilanadigan to'q qizil rangli (sifat reaksiya) eritma hosil qiladi.

## XII. 6.2. Kremniy

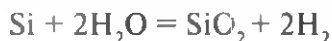
Bu element jonsiz tabiat uchun ahamiyatli (organik dunyo uchun uglerod kabi) muhim element hisoblanadi. Tabiatda kisloroddan keyin keng tarqalgan element.

Kremniy temirsimon rangga ega bo'lgan qattiq, lekin mo'rt, past temperaturada elektr tokini o'tkazmaydi, lekin temperatura ortishi bilan o'tkazuvchanligi oshadi (yarimo'tkazgich), kristall panjarasida atomlari olmosniki kabi, markaziy atom tetraedrning cho'qqilaridagi to'rtta kremniy atomlari bilan qurshalgan. Atomlararo masofasi 0,234 nm ga teng, zichligi ( $2,33 \text{ g/sm}^3$ ) olmosnikidan 66% ga kamroq. Kristall panjarasi mustahkam bo'lishi sababli, past temperaturada passiv. Xona temperaturasida faqat fluor bilan birikib gaz holdagi  $SiF_4$  ni hosil qiladi. Xlor va brom bilan  $500^\circ C$  da tetragalogenidlarni hosil qiladi. Kislorod atmosferasida va oltingugurt bilan  $600^\circ C$  da alanganadi:

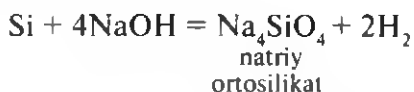


Azot bilan  $1000^\circ C$  da *nitrid*  $Si_3N_4$  ni,  $2000^\circ C$  da *silitsid*  $SiC$  va  $SiB_2$  ni hosil qiladi; metallardan faqat Na, K, Rb, Cs, Al, Sn, Pb, Ag, Au, Zn, Cd va Hg lar *silitsidlari* olinmagan. Deyarli barcha silitsidlar elementlarning odatdagi valentligiga javob bermaydigan mahsulotlardir.

Kremniy kislotalar bilan reaksiyada qatnashmaydi (HF dan tashqari), suv bilan  $800^\circ C$  da o'rin olish reaksiyasida qatnashadi:

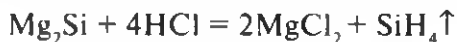


Gidroksidlar bilan xona temperaturasida reaksiyada qatnashadi (aluminiumni eslatadi — diagonal o'xshashlik)



Shu reaksiyada uglerod va kremniy bir-biridan farq qiladi: uglerod ko'pchilik metallmaslardan ishqor eritmasi bilan reaksiyada qatnashmasligi bilan ajralib turadi.

A. Silanlar. Kremniy gidridini metall silitsidlaridan olish oson:



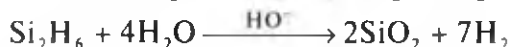
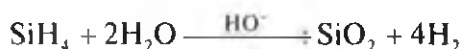
yoki



Silanlar tarkibida 6 tagacha kremniy atomi bo'lishi aniqlangan, ulardan mono-, di-, tri- va tetrasilanlar yaxshi o'rganilgan, ular tarkibi, struktura formulalari alkanlarnikiga o'xshash, lekin turg'unligi ancha past: monosilan 400 °C da, disilan 300 °C da elementlarga parchalanadi, havoda esa o'z-o'zidan alanganadi:



Ishqoriy muhitda silan va disilanlar suv bilan parchalandi:



Barcha silanlar juda kuchli qaytaruvchilardir. Agar uglevodorodlar yonganda uglerod atomi oksidlansa, silanlarda esa vodorod oksidlanadi.

B. Kremniyning oksidlanish darajasi +4 bo'lgan holat to'yinmagan birikmalar toifasiga kiradi, chunki SiF<sub>4</sub> ning suv bilan reaksiyasida



3d- pog'onachadagi ikkita d-orbital ishtirokida d<sup>2</sup>sp<sup>3</sup>- gibridlanish natijasida 6 ta fluor atomi markaziy atom atrofida oktaedr cho'qqilarida joylashgan. Bu kislota juda kuchli (sulfat kislota kuchiga teng) elektrolit xususiyatiga ega.

Kremniy(IV) xlorid 600—700 °C da quyidagi reaksiya asosida olinadi:



SiCl<sub>4</sub> kremniy organik birikmalar olish uchun boshlang'ich modda hisoblanadi.

Kremniy(IV) oksid SiO<sub>2</sub> makromolekular tabiatga ega, xossalari CO<sub>2</sub> nikidan keskin farq qiladi.

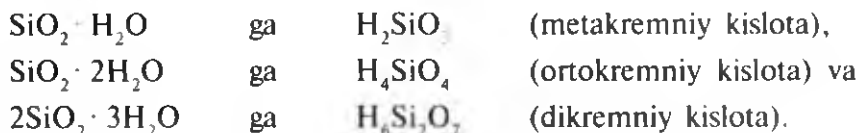
D. Kremniy karbidi karborund SiC olmos strukturasi o'xshash, qattiqligi olmosnikidan ozgina kichik, kimyoviy jihatdan nihoyatda barqaror,

yuqori temperaturada  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ , konsentrlangan tutab turadigan nitrat kislotasi ta'siriga chidamli.

Kaliy gidroksid suyuqlanmasida yuqori temperaturada kislorod ishtirokida  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  va  $\text{K}_2\text{CO}_3$  hosil bo'ladi.

Karborunddan charxtoshlar tayyorlanadi.

*Kremniyning tabiiy birikmalari* silitsidlar uchun uning oksidi asosida hosil bo'ladigan kislotalari uchun umumiy formula  $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$  da  $n$  va  $m$  ning kichik qiymatlari asosida quyidagi qatorni olamiz:



Bu kislotalar tuzlarini *meta-*, *orto-* va *disilikatlar* deb nomlanadi. Yuqorida sanab o'tilgan silikatlariga xos bo'lgan minerallarni kislotasi qoldig'ining shakli asosida quyidagi toifalarga bo'lib chiqamiz:

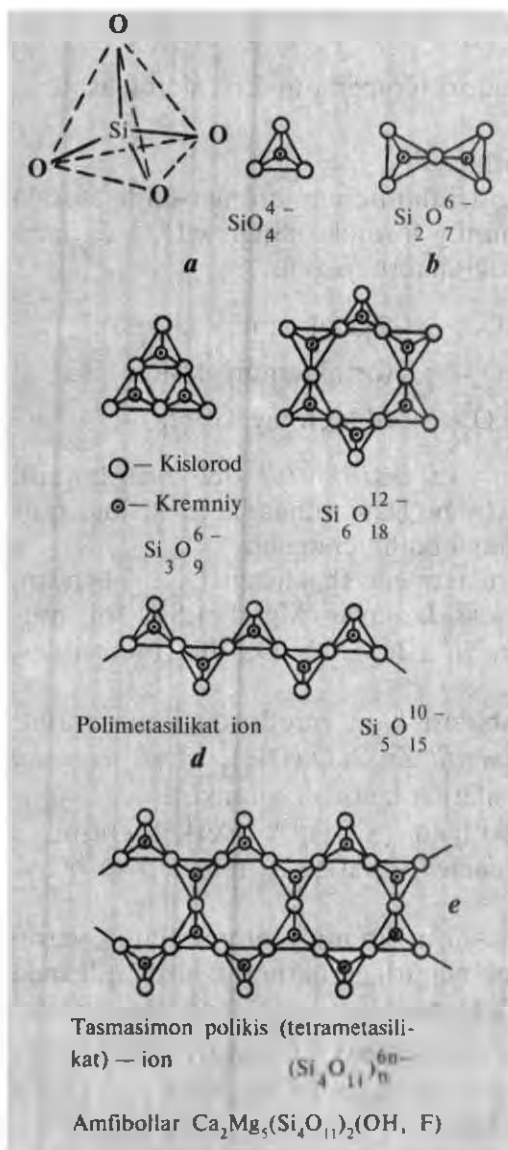
1. Tabiatda uchraydigan muntazam tetraedr shaklidagi (XII. 14- rasm, *a* shakl) bo'lgan silikatlariga misol tariqasida *olivin*  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$  ni, murakkabroq tuzilishga ega bo'lgan *berill*  $(\text{Be}, \text{Al}_2)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$  ni (metasilikat qoldiqi) keltirish mumkin.

2. Disilikat ioni  $\text{Si}_2\text{O}_7^{2-}$  (b) nisbatan kam miqdordagi minerallar tarkibini tashkil etadi. Masalan, *gemimorf*  $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , *tortveytit*  $(\text{Y}, \text{Sc})_2\text{Si}_2\text{O}_7$  larni shu toifaga misol sifatida keltirish mumkin.

3. Chiziqsimon tuzilishga ega bo'lgan  $(\text{SiO}_3)_n^{(2n-1)-}$  (XII. 14-rasm, *d* shakl) turkumidagi minerallardan *spodumen*  $(\text{LiAl})\text{Si}_2\text{O}_6$  minerali va boshqalar ma'lum.

4. Agar zanjir hosil qilishda qatnashgan kremniy atomlarining yarmi yana kislorod atomi orqali ikki qator zanjirli strukturani hosil qilganda  $\text{Si}_4\text{O}_{11}^{6-}$  takrorlanadigan minerallar (XII. 14- rasm, *e* shakl), yana  $\text{OH}^-$ ,  $\text{gal}^-$  ionlarini tutuvchi *amfibollar* hosil bo'ladi. Masalan,  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH}, \text{F})_2$  *termolit* mineralini keltirish mumkin.

5. Zanjir hosil qilishda har bir kremniy atomining uchta kislorod atomi ishtirok etganda tekislik shakliga ega bo'lgan  $(\text{Si}_2\text{O}_5)_n^{2n-}$  minerallar — *kaolinit*  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , *talk*  $\text{Mg}_6(\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH})_4$  lar mavjud. Bunday strukturaga *slyudalar* turkumiga kiruvchi *muskovit*  $\text{K}_2\text{Al}_4(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})_2(\text{OH}, \text{F})_4$  va *biotit*  $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  minerallar ma'lum. Bu minerallarda tabiatda keng tarqalgan o'rin olish hodisasi — kremniy atomi o'rniga aluminiy atomi joylashishi kuzatiladi.



XII. 14-rasm. Turli xil silikat ionlarining fazoviy tuzilishi:

a—ortosilikat ioni va uning shartli belgilanishi; b—ikkita ortosilikat ioni umumiy cho'qqiga ega bo'lgan ionining ko'rinishi; d—polimetasilikat ionlarining nisbiy joylashishi; e—polisilikatlarning tasmasimon strukturalar hosil qilishi.

6. Agar  $\text{SiO}_4^4$  tetraedrdagi har bir kislorod atomi boshqa kremniy atomlari bilan bog' hosil qilishda qatnashsa, kremniy(IV) oksidi  $(\text{SiO}_2)_n$  ga aylanadi.

Kremniy(IV) oksid bir-biridan tetraedrlarning o'zaro joylashishi tartibi bilan farq qiladigan to'rt xil holga ega:

— geksagonal strukturaga ega bo'lgan *kvars*;

— kubik strukturaga ega bo'lgan *kristobalit*;

— geksagonal strukturali *tridimit*;

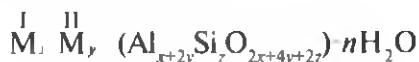
— amorf holatdagi kremniy(IV) oksid.

Ular orasidan *kvars* eng barqaror, qolganlari esa zichligi yuqoriroq bo'ladi. Amorf holatdagi shakli *kvars* shishasi ko'rinishida ma'lum.

Alumosilikat panjarasining fazoviy uch o'lchamli tetraedrlar to'ridan tashkil topgan  $[(\text{Al},\text{Si})\text{O}_4]$  ning uch xil minerallari — *dala shpatlar*, *seolillar* va *ultramarin* ma'lum.

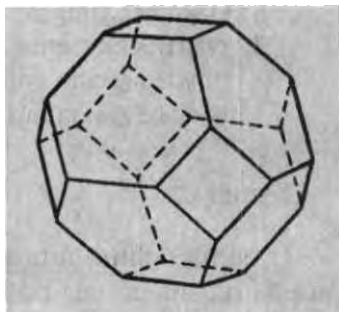
Ulardan birinchisi — *dala shpatlari* yer po'stlog'ining 50% miqdorini *granitlar* va boshqa xil minerallar hosil qiladi. Ular orasida tarkibi  $\text{M}(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_8$  da M yirik ionlar ( $\text{Ba}^{2+}$  kabi) *ortoklaz*  $[\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ , *selzian*  $[\text{Ba}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)]$  radiusi kichikroq bo'lgan  $\text{Na}^+$  tutgan *albit*  $[\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ , *anortit*  $[\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)]$  lar keng tarqalgan.

## Seolitar formulasini



ifodalanadigan, zichligi kam, keng kanalli strukturaga ega. G'ovakli kanallar ba'zan 0,740 nm diametrga ega bo'lib, ularda metall kationlari, suv molekulari joylasha oladi va almashinish jarayonida qatnashish xususiyatiga ega. G'ovaklari shunday zarrachalardan ozod etilgan seolitlarni «molekular elak» sifatida, metall ionlari bilan, shimdirilgan katalizatorlar sifatida ishlatiladi.

Uchinchi xil alümosilikatlar tabiiy va sintetik rangli moddalar — *ultramarinlar* tuzilishi bo'yicha murakkab bo'lgan kalsiy-natriyli alyumosilikatlardan tashkil topgan. Tabiatda ko'k-yashil rangli *lazurit*  $(Na, Ca)_8(Al, Si)_{12}O_{24}(S, SO_4)$ , sun'iy usulda olinadigan ravshan ko'k rangli *sinka*  $Na_7Al_6S_2O_{24}$  lar shular turkumiga xos. Bunday mahsulotlar moyli bo'yoq moddalar, qog'ozning maxsus navlarini tayyorlashda qo'llanadi. Cheksiz miqdordagi  $SiO_4$  gruppalaridan tashkil topgan makroionlarda qo'shni  $SiO_4$  lar cho'qqilari umumiy bo'ladi. XII.15- rasmdagi poliedrning cho'qqilarida kremniy atomlari joylashgan. Keltirilgan panjara fazoning uchala o'lchami bo'yicha cheksiz davom etadi.



XII.15-rasm. *Ultramarinda makroionlarning cheksiz uch o'lchamli fazoda joylashishi. Makroionlar  $SiO_4^{4-}$  ionlaridan tuzilgan, ularning cho'qqilari qo'shni  $SiO_4^{4-}$  gruppalari bilan umumiydir. Kremniy atomlari poliedrning cho'qqilarida joylashgan. Panjara har tomonga cheksiz davom etadi.*

## Savol va topshiriqlar

- ?
1. Uglarod va kremniyning allotropik modifikatsiyalarini sanab o'ting. Ularning bir-birlaridan farqining sababi nimada?
  2. Uglarod va kremniy atomlari o'zlarining birikmalarida qanday turdagi gibridlanish holatlarida bo'ladi?
  3.  $CO_2$  va  $SiO_2$  larning xususiyatlarida qanday farqlar kuzatiladi?
  4. Ishqor va uglarod(IV) oksidning bir xil mol miqdorlari aralashtirilganda hosil bo'lgan modda qanday nomlanadi? Agar ular teng ekvivalent miqdorda aralashtirilsa, hosil bo'lgan tuzning eritmasi neytral xususiyatga ega bo'ladimi? Javobingizni asoslang.
  5. Laboratoriyada  $CO_2$  ni olish uchun marmartosh solingan Kipp apparatida xlorid kislotasi eritmasi qo'llanadi. Shu jarayonni sulfat kislotasi eritmasi bilan olib borish mumkinmi?



6. Qaysi gaz yonganda mahsulot nam holdagi qumdan iborat bo'ladi?
7. Natriy silikat eritmasida qanday mahsulotlar mavjud? Reaksiya tenglamasini yozing. Shu eritmaga ammoniy xlorid eritmasi qo'shilganda muvozanat holati o'zgaradimi?

## Testlar

1. Nima uchun bitta gruppachadagi oltingugurtning maksimal valentligi grupp raqamiga teng bo'ladi, lekin kislorod atomining eng yuqori valentligi oltiga teng bo'la olmaydi?

1) kislorod atomi valent pog'onasidagi 6 ta elektronini boshqa elementlarga bermaydi;

2) kislorod atomining barcha valent elektronlari toq holatda joylasha olishiga yana ikkita elektron yacheykasi yo'q bo'lganligi tufayli;

3) maksimal miqdorda bog'lanish hosil qilish uchun kislorod atomida faqat to'rtta atom orbital bo'lishi tufayli;

4) kislorod atomi atrofida joylashadigan atomlar soni (koordinatsion soni) to'rttadan ortiq bo'la olmasligi tufayli.

- A) 1,3 B) 2,3,4 C) 1,3,4 D) 1,2,4 E) 1,2,3

2. Quyidagi elementlarning qaysilari diagonal o'xshash elementlar toifasiga tegishli?

- 1) litiy; 2) natriy; 3) magniy; 4) berilliy; 5) bor; 6) aluminiy; 7) kremniy; 8) uglerod.

- A) 1,3; 4,6; 5,7 B) 1,2; 2,3; 4,5 C) 1,3; 2,4; 5,6  
D) 1,2; 4,3; 7,8 E) 1,2; 4,3; 5,6

3. Nima uchun kislorodli kislotalarga qaraganda ularning ishqoriy va ishqoriy-yer metallari bilan hosil qilgan tuzlari termik turg'unligi yuqori bo'ladi?

1) markaziy atomdagi O—E bog'lanishning turg'unligi tufayli;

2) H—O—E bog'lanishdagi protonning qutblanish xossasi yuqori bo'lishi tufayli; O—E bog'lanish orasida tortishuv kuchlari paydo bo'lishi tufayli;

3) kislorod va element atomlari orasida, proton ta'sirida, teskari qutblanish tufayli;

4) kislota kationi ishqoriy metall ioniga almashganda E—O bog'lanish mustahkamlanishi tufayli.

- A) 1,3 B) 1,2 C) 1,3 D) 2,4 E) 3,4

## O'ZBEKISTONNING KIMYOGAR OLIMLARI

Hozirgi mustaqil O'zbekiston kimyo fani va kimyo sanoatini rivojlantirishda **O.S.Sodiqov** tabiiy birikmalar kimyosi sohasida ko'p yutuqlarga erishgan katta maktabni yaratdi, u 8 yil davomida O'zMU rektori, O'zbekiston FA ning prezidenti, bioorganik kimyo institutining direktori bo'lib ishladi. U O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi, A. R.Beruniy nomidagi O'zbekiston davlat mukofoti sovrindori.

O'zbekistonda o'simlik moddalari kimyosi va alkaloidlar kimyosi sohasida 50 dan ortiq dorivor moddalar va qishloq xo'jaligida katta samara bergan preparatlarni taklif etgan ulkan olim **S.Y.Yunusov** 17 ta fan doktori va 100 ga yaqin fan nomzodlarini yetishtirdi. Unga „O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi“ faxriy unvoni, A.R.Beruniy nomidagi Respublika davlat mukofoti berilgan. S.Y.Yunusovga 1971-yilda D.I.Mendeleyev nomidagi Oltin medal berilgan.

O'zbekistonda paxta va yog'och sellulozasi tuzilishi nazariyasining asoschisi bo'lgan **H.U.Usmonov** rahbarligida paxta sellulozasini modifikatsiyalashning yangi usullari ishlab chiqildi. O'zbekistonda polimerlar kimyosi taraqqiyotini boshlab bergan va uning rivojlanishiga katta hissa qo'shgan **X.U.Usmonov** rahbarligida 11 ta fan doktori, 150 dan ortiq fan nomzodlari yetishtirildi. Unga „O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi“ faxriy unvoni va A.R.Beruniy nomidagi Respublika davlat mukofoti berilgan.

Organik reaksiyalarning katalizi sohasida ko'p ishlagan yirik olim **A.S. Sultonov** ishlarining ilmiy va amaliy ahamiyati juda kattadir, uning rahbarligida aluminiy-rux-molibden asosidagi katalizatorlari ishlab chiqarishga joriy qilingan. Uning yaratgan ilmiy maktabi katta yutuqlarni qo'lga kiritdi. Xizmatlari uchun „O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi“ unvoni va „Respublikada xizmat ko'rsatgan ratsionalizator“ unvoni topshirilgan.

**K.S.Ahmedov** kolloid kimyo sohasida yangi yo'nalish – yuqori molekularli birikmalarning fizik kimyosi va termokimyosiga bag'ishlangan bo'lib, unda O'zbekistondagi tuproqning fizik-kimyoviy xossalarini, suvda eriydigan polimer preparatlar olingan. Ular orasida „K-4“ deb nomlangan preparat tuproq eroziyasini kamaytirib, suv rejimini yaxshilashi aniqlangan. **K.S.Ahmedov** rahbarligida 25 tadan ortiq fan nomzodi yetishib chiqqan. Uning kimyo fani sohasidagi buyuk xizmatlari uchun „O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi“ faxriy unvon berilgan.

Yuqori molekular birikmalar kimyosi sohasidagi yirik olimlardan biri **S.Sh.Rashidovanning** ilmiy izlanishlari biologik faol polimerlar sintezi, dorivor moddalar, o'simliklarni himoya qilish vositalarini yaratish bilan bog'liq. U O'zbekistonda YMB kimyosi fanini rivojlanishiga katta hissa qo'shgan. **S.Sh. Rashidovaga** 1983-yilda „O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan fan arbobi“ unvoni berilgan.

Respublikamizda kimyo fani bo'yicha tahsil topgan hozirgi Milliy universitetning kimyo fakultetida 40 yildan ko'proq dekan bo'lib xizmat qilgan professor **Sh.T. Tolipov** ni

ham esga olib o'tamiz. Hozir kimyo fani va kimyoviy ishlab chiqarish sohalarida katta xizmat ko'rsatayotgan olimlarimiz **M.A.Asqarov, N.Q.Abubakirov, A.A.Abduvahobov, H.R.Rustamov, B.M.Beglov, Z.S.Salimov, A.G'.G'aniyev, S.I.Iskandarov, Sh.I.Solihov, Y.T.Toshpo'latov, M.F.Obidov, T.M.Mirkomilov, S.S.Negmatov, H.N.Oripov, S.To'xtayev, N.R.Yusufbekov**, darslikning tegishli sahifalarida esga olib o'tilgan akademik **N.A.Parpiyev**, akademik **M.N.Nabiyev** va professor **M.A.Azizov**larni ham kimyo faniga qo'shilgan yuksak xizmatlarini alohida ko'rsatib o'tamiz.

Yuqorida sanab o'tilgan olimlar O'zbekistonda kimyo fani va kimyo sanoatining rivojlanishini asoslovchi ilmiy maktablarni yaratgan olimlarning ayrimlaridir. Ularning yetishtirgan shogirdlari va ularning o'zlari boshchiligida tarbiyalangan iqtidorli olimlar respublikamizning xalq xo'jaligi va kimyo fanini yanada rivojlantirishda hozir va kelajakda o'z hissalarini qo'shishi mamlakatimizning yanada rivojlanishini ta'minlab berishiga imonimiz komil.

## 2-ILOVA

### METALLARGA OID LABORATORIYA ISHLARI

**1-tajriba.** Ishqoriy metallning kichik bo'lakchasini filtr qog'oz yordamida kerosindan tozalang va uni kristallizatoridagi suvga tashlang. Reaksiya shiddatli borishini kuzating, hosil bo'lgan eritmaga bir necha tomchi fenoltalein eritmasidan tomizing. Eritma rangi o'zgarishini tushuntiring.

Metallning suv bilan o'zaro ta'sirlashish reaksiya tenglamasini yozing.

#### **2-tajriba. Ishqoriy metallar tuzlarining alangani bo'yashi**

Alangada qizdirib tozalangan platina simini NaCl ning eritmasi bilan ho'llab gorelka alangasiga tuting. Alanga rangini qayd qiling. Bu tajribani boshqa ishqoriy metallar xloridlari bilan takrorlang.

Natijalarni daftaringizga yozib qo'ying.

#### **3-tajriba. Metall holiday misning hosil bo'lishi**

Mis(II) sulfat eritmasidan probirkaga 2—3 tomchi quyib unga kichkina rux bo'lakchasidan yoki tozalangan mix tushiring. Metallar yuzasida qizg'ish tusli mis metali qoplamining hosil bo'lishini kuzating.

Tegishli reaksiya tenglamalarini yozing.

#### **4-tajriba. Misning elektrkimyoviy kuchlanish qatoridagi o'rni**

Uchta probirka oling, ularning har biriga 1—2 tomchidan qo'rg'oshin nitrat (yoki asetat), ikkinchisiga rux tuzi eritmasidan, uchinchisiga kumush nitrat eritmasidan quyib va hammasiga tozalangan mis simi bo'lakchalaridan soling. Probirkalarda yuz bergan o'zgarishlarni kuzating. Tegishli reaksiya tenglamalarini tuzing va misning kuchlanish qatoridagi o'rnini aniqlang.

#### **5-tajriba. Mis(II) gidroksidning hosil bo'lishi, uning xossalari**

a) Probirkaga 0,5 ml mis(II) tuzi eritmasidan quyib va unga suyultirilgan ishqor eritmasidan 0,5—1,0 ml miqdorida quyib iviq cho'kma hosil bo'lguncha aralashmani yaxshilab aralashiring. Aralashmani uch qismga bo'lib, ularning biriga cho'kma eriguncha sulfat kislotaga va uchinchisiga esa 2—3 tomchi konsentrlangan ishqor eritmasidan qo'shib aralashiring. Qaysi holda cho'kma eriydi? Tegishli reaksiya tenglamasini yozing.

Ikkinchi va uchinchi probirkalarni qizdiring va ularda kuzatiladigan o'zgarishlarni  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  va  $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$  larning turg'unligi asosida tushuntiring.

b) Mis(II) gidroksid quyqasini oldingi tajribadagidek qilib tayyorlang va unga glyukoza  $\text{S}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  eritmasidan qo'shing va shisha tayoqcha yordamida yaxshilab aralashiring. Aralashmani alangada isiting. Bunda to'q sariq rangli cho'kma — mis(I) gidroksid hosil bo'ladi. Uni qizdirish davom ettirilganda qizg'ish rangli mis(I) oksid  $\text{S}_2\text{O}$  hosil bo'lishini (aldegidlarga xos sifat reaksiyasi) kuzating. Reaksiyada glukonat kislota hosil bo'lishini hisobga olib reaksiya tenglamasini yozing.

### **6-tajriba. Kumush galogenidlarining xossalari**

Uchta probirkaga xlorid, bromid va yodid ionlari tutgan tuzlar eritmalaridan 1 ml dan quyung va ularning har biriga 2—3 tomchi kumush nitrat eritmasidan tomizing, hosil bo'lgan cho'kmalar holati (kristall, iviq yoki tvorogsimon) va ranglarini yozib oling. Cho'kmalarni dekantasiya usulida yuving (3—4 marta) va filtr qog'oz orqali suzib oling. Har bir filtr qog'ozni yoyib quyosh nuri tushadigan joyga qo'ying. Bir oz vaqt o'tgach, cho'kmalar rangi o'zgarishini kuzating va kumush galogenidlarning nur ta'siriga sezgirligi qanday tartibda o'zgarishini qayd eting.

### **7-tajriba. Magniy bilan kislotalarning ta'sirlashishi**

Ikkita probirkadagi 1 ml dan suyultirilgan xlorid va nitrat kislotalar eritmalariga magniy kukunidan solib sodir bo'ladigan reaksiyalarni kuzating. Magniyning konsentrlangan nitrat kislota bilan reaksiyasini takrorlab ko'ring. Juda suyultirilgan (3—5% li eritma) nitrat kislota ishtirokida bo'ladigan reaksiyaning tashqi alomatlari kuzatiladimi? Yetarli vaqt o'tgandan keyin magniy metali to'la erib ketishini kuzatgandan so'ng eritmada  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  hosil bo'lganligini tasdiqlash uchun probirkaga konsentrlangan  $\text{NaOH}$  eritmasidan bir necha tomchi solib probirkadan ammiak gazi ajralib chiqishiga ishonch hosil qiling.

O'tkazilgan barcha reaksiyalar tenglamalarini yozing, koeffitsiyentlarni tanlang.

### **8-tajriba. Ishqoriy-yer metallari karbonatlarining xossalari**

Probirkalarga 3—4 tomchi kalsiy, stronsiy va bariy tuzlari eritmalaridan tomizib, ular ustiga 3—4 tomchidan natriy karbonat eritmasidan qo'shing. Har bir probirkaga hosil bo'lgan cho'kmalar ustiga suyultirilgan xlorid kislota eritmasidan qo'shing va ohista chayqating; ularning erish tezligi bir xilmi?

Reaksiyalar tenglamalarini tuzing.

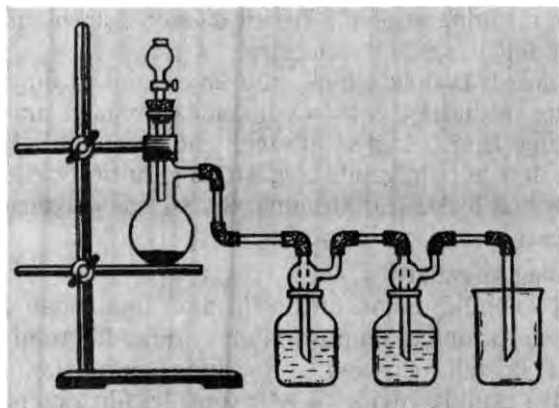
### **9-tajriba. Ishqoriy-yer metallarining sulfatlari**

Uchta probirkaga 2—3 tomchidan kalsiy, stronsiy va bariyning tuzlari eritmalaridan oling. Har bir probirkaga 3—4 tomchidan natriy sulfat eritmasidan qo'shing. Nima kuzatiladi? Probirkalarda sulfatlar cho'kmasi hosil bo'lish tezligi bir xilmi? Buni qanday tushuntirish mumkin? Hosil bo'lgan sulfatlarga xlorid kislota ta'sirini sinab ko'ring. Natijani 3-tajribadagi jarayon bilan taqqoslang. Olingan ionlar sulfatlarining eruvchanligi qaysi tartibda ortib boradi?

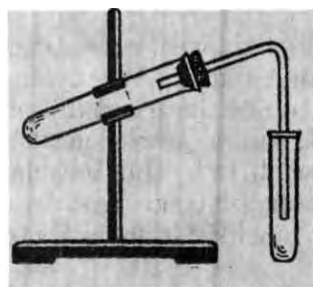
## **METALLMASLARGA OID LABORATORIYA ISHLARI**

### **1-tajriba. Xlorning olinishi (tajribani mo'rili shkafda o'tkazing).**

Oksidlovchi kristallaridan ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ) birini olib mikroshpatel uchida quruq probirkaga soling. Uning ustiga 0,5 ml konsentrlangan



XII. 16-rasm. Xlor olish uchun qo'llanadigan qurilma.



XII. 17-rasm. Gaz holdagi moddalarni olish uskunasi.

( $\rho=1,19$  g/ml) xlorid kislota quy-ing. Xlor ajralib chiqishini uning rangidan va hididan (*ehtiyotlik bilan*) bilib oling. Tajribani yuqorida eslatilgan oksidlovchilarning boshqalari bilan ham qilib ko'rish mumkin. Reaksiyalarda  $Mn^{2+}$ ,  $PbCl_2$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  va  $KCl$  bilan birgalikda xlor hosil bo'lishini inobatga olib tegishli reaksiya tenglamalarini yozing.

XII. 16- rasmda keltirilgan xlor olish uchun yig'ilgan uskunada  $KMnO_4$  va  $HCl$  orasidagi reaksiya asosida o'qituvchi ishtirokida hajmi 25—50 ml bo'lgan konussimon kolbalarda yig'ib oling. O'qituvchi topshirig'i bo'yicha mis simi tutamini, qoshiqchada qizil fosforni yoqib ko'ring.

2- *tajriba*. Vodorod xloridning olinishi va xossalari

XII. 17- rasmda ko'rsatilgandek asbob yig'ing va quruq probirkaga 1 g chamasida osh tuzidan olib, naychali tiqin bilan yopishdan oldin 2—3 ml konsentrlangan sulfat kislota quy-ing va tiqinni yoping. Uzun naychani quruq probirka ichiga tushirib, reaksiya borayotgan probirkani qiya qilib shtativga o'rnat-ing. Ajralib chiqayotgan vodorod xlorid atrofga tarqalmasligi uchun gaz yig'iladigan probirkani paxta tiqin bilan yoping. Reaksiya borayotgan probirkani biroz isiting. Qisqa vaqt o'tgandan so'ng gaz yig'uvchi probirkani naychadan ajrating va og'zini barmoq bilan berkitib suvli kristallizatorga botiring, suv ostida probirkani oching. Suv unga kiradi va gazning suvda eruvchanligi yaxshi bo'lgani tufayli probirka hajmining ko'p miqdorini suv egallaydi. Probirka og'zini yana barmoq bilan yopib tashqariga chiqaring. Eritma muhitini indikator qog'ozi yordamida sinab ko'ring.

Vodorod xlorid hosil bo'lish reaksiya tenglamasini yozing.

3- *tajriba*. Bromning olinishi (*tajribani mo'rili shkafda o'tkaz-ing*).

a) 3—4 tomchi  $KBr$  eritmasiga tomchilatib xlorli suv qo'shing. Eritmada qizil-qo'ng'ir rang paydo bo'lishini kuzating. Reaksiya tenglamasini yozing.

b) Natriy bromidning 3—4 ta kristalini va shuncha miqdorda marganes(IV) oksidni quruq probirkada aralastirib unga 2—3 tomchi konsentrlangan sulfat kislota qo'shing. Aralashma yuzasida erkin brom bug'ini kuzating, uning rangi qanday?

Reaksiya tenglamasini yozing.

# MUNDARIJA

Kirish .....	3
<b>I bob. Kimyoning muhim qonunlari .....</b>	<b>4</b>
I.1. Modda massasining saqlanish qonuni .....	4
I.2. Moddalar tarkibining doimiylik qonuni .....	5
I.3. Kimyoviy formulalar .....	7
I.4. Kimyoviy moddalarning xillari .....	8
<b>II bob. Atom yadrosi .....</b>	<b>14</b>
II.1. Atom yadrosining tarkibi .....	15
II.2. Izotoplar. Izobarlar. Izotonlar .....	17
II.3. Atom yadrosining tuzilishi .....	18
II.4. Yangi elementlar sintezi .....	20
<b>III bob. Atomlarda elektron pog'onalarining tuzilishi .....</b>	<b>25</b>
III.1. Mikrozarralarning ba'zi xususiyatlari .....	25
III.2. Kvant sonlar .....	26
III.3. Pauli prinsipi .....	30
III.4. Klechkovskiy qoidasi .....	32
III.5. Gund qoidasi .....	33
<b>IV bob. D. I. Mendeleevning kimyoviy elementlar davriy qonuni va davriy sistemasi .....</b>	<b>39</b>
IV.1. Davriy qonun va davriy sistemaning ahamiyati .....	39
IV.2. Davriy sistemaning tuzilishi .....	40
IV.3. Elementlar valentligi va davriy sistema .....	42
IV.4. Elementlarning ba'zi fizik xossalari va davriy sistema .....	43
IV.5. Davriy sistemadagi ba'zi qonuniyatlar .....	49
IV.6. Elementlar atomlarining gidridlari va gidroksidlarining xossalari .....	53
IV.7. Atom tuzilishi va davriy qonun .....	59
<b>V bob. Oddiy va murakkab moddalarda kimyoviy bog'lanish .....</b>	<b>60</b>
V.1. Kimyoviy bog'lanish turlari .....	60
V.2. Kimyoviy bog'lanishning ba'zi xususiyatlari .....	63
V.3. Kovalent bog'lanish .....	68
V.4. Atom orbitallarning gibridlanishi .....	69
V.5. Qutbli kovalent bog'lanish .....	74
V.6. Donor-akseptor bog'lanish .....	79

V.7. Ion bog'lanish .....	81
V.8. Ionlarning qutblanishi .....	82
V.9. Qutblanishning moddalar xossasiga ta'siri .....	84
V.10. Vodorod bog'lanish .....	87
V.11. Metall bog'lanish .....	91
V.12. Valentlik .....	92
V.13. Oksidlanish darajasi .....	100
<b>VI bob. Moddalarning agregat holatlari .....</b>	<b>106</b>
VI.1. Kristall panjaralar turlari .....	107
VI.2. Suv va uning xossalari .....	110
VI.3. Suvning fizik xossalari .....	112
VI.4. Suvning kimyoviy xossalari .....	113
VI.5. Og'ir suv .....	114
VI.6. Eritmalar .....	115
VI.7. Suv molekularining dissotsilanishi. Vodorod ko'rsatkich (pH) .....	120
VI.8. Dispers sistemalar. Moddalarning kolloid holati .....	122
VI.9. Gidroliz .....	124
<b>VII bob. Oksidlanish-qaytarilish jarayonlari .....</b>	<b>130</b>
VII.1. Oksidlovchi va qaytaruvchilar .....	130
VII.2. Reaksiya tenglamasi koeffitsientlarini tanlash usullari .....	131
VII.3. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga eritma muhitining ta'siri .....	139
VII.4. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining sinflashtirilishi .....	142
<b>VIII bob. Elektrokimyoviy jarayonlar haqidagi ma'lumotlar .....</b>	<b>145</b>
VIII.1. Metallning muvozanat elektrod potentsiali .....	145
VIII.2. Metallarning kuchlanish qatori .....	147
VIII.3. Galvanik elementlar .....	149
VIII.4. Oksidlanish-qaytarilish potentsiallari .....	151
VIII.5. Elektroliz .....	152
VIII.6. Faradey qonunlari .....	156
VIII.7. Elektrolizning amaliy ahamiyati .....	157
VIII.8. Akkumulatorlar .....	158
VIII.9. Korroziya .....	159
VIII.10. Metallarni korroziyadan saqlash .....	161
<b>IX bob. Kimyoviy kinetika .....</b>	<b>164</b>
IX.1. Kimyoviy reaksiya tezligi va unga ta'sir etuvchi omillar .....	166
IX.2. Reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi .....	167
IX.3. Reaksiya tezligiga temperaturaning ta'siri .....	168
IX.4. Reaksiya tezligiga bosimning ta'siri .....	170
IX.5. Kimyoviy reaksiyalar mexanizmi .....	171
IX.6. Kataliz .....	174
IX.7. Kimyoviy muvozanat, uning siljishi. Le Shatelye prinsipi .....	178

X bob. Koordinatsion birikmalar .....	183
X.1. Koordinatsion birikmalar turlari .....	185
X.2. Koordinatsion birikmalar nomenklaturasi .....	188
X.3. Koordinatsion birikmalarda izomeriya hodisasi .....	188
X.4. Koordinatsion birikmalarda kimyoviy bog'lanish tabiati .....	190
X.5. Koordinatsion birikmalar ahamiyati .....	192
XI bob. Metallar .....	195
XI.1. Metallarning kimyoviy xossalari .....	195
XI.2. I gruppada metallari .....	197
XI.3. IB gruppacha metallari .....	202
XI.4. II gruppada metallari .....	209
XI.5. IIB gruppacha metallari .....	215
XI.6. Ayrim muhim <i>p</i> -elementlar kimyosi .....	219
XI.7. IV gruppada elementlariga umumiy tavsif .....	222
XI.8. Oraliq elementlar xossalari .....	229
XI.9. Lantanoid va aktinoidlar .....	240
XII bob. Metallmaslar .....	244
XII.1. Nodir gazlar .....	244
XII.2. Nodir gazlar birikmalari .....	245
XII.3. Galogenlar .....	247
XII.4. Kislorod. Oltingugurt .....	255
XII.5. Azot. Fosfor .....	261
XII.6. Uglorod va kremniy .....	277



M92

**Muftahov A.**

Umumiy kimyo. 11-sinf. Darslik —T., „O‘qituvchi“NMIU,  
2005—296 b.

BBK 24.1ya721

ASQAR GAYNUTDINOVICH MUFTAHOV

UMUMIY KIMYO

*Umumiy o‘rta ta‘lim maktablarining  
11-sinfi uchun darslik*

2-nashri

*«O‘qituvchi» nashriyot-matbaa ijodiy uyi  
Toshkent — 2005*

Muharrirlar: *B.Akbarov, M. Odilova*  
Badiiy muharrir *F.Nekqadamboev*  
Texn. muharrir *S.Tursunova*  
Kompyuterda sahifalovchi *Q.Kuzayeva*  
Musahhah *A.Ibrohimov*

IB № 8557

Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 15.09.05. Bichimi 70×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Kegli 10,11 shponli. Tayms garniturası. Ofset bosma usulida bosildi. Bosma t.18,5+0,25 rangli forzas. Shartli b.t. 21,64+0,29 rangli forzas. Nashr. t. 17,8+0,20 rangli forzas.

5000 nusxada bosildi. Buyurtma №195. Bahosi 3000 so‘m.

O‘zbekiston matbuot va axborot agentligining «O‘qituvchi» nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent—129. Navoiy ko‘chasi, 30- uy. // Toshkent, Yunusobod dahasi, Murodov ko‘chasi, 1- uy. Shartnoma № 10—11—05.

3000 s.

# “O‘QITUVCHI”

