

**Бо тавсияи Шурои илмӣ-методӣ  
ва қарори Шурои илмӣи ДДОТ ба номи  
Садриддин Айни чоп карда мешавад**

Муаллиф ба доктори илмҳои химия,  
профессор Азизкулова О.А., номзоди илмҳои  
химия, дотсент Маҳмадмуродов А., номзоди  
илмҳои химия, дотсент Тошов А.Ф. барои  
маслиҳатҳои муфиданон ва ба Авлоев Ш.Ҳ.,  
Қаландарова З. барои ёрии техникашон дар  
нашри ин китоб изҳори миннатдорӣ баён  
мекунад.

## Хонандагони муҳтарам!

Китобе, ки ба диққати Шумоён пешниҳод карда мешавад дар асоси таҷрибаи чандинсолаи омӯзгории муаллиф навишта шудааст. Дар китоб маълумотҳо оид ба мафҳумҳо ва қонунҳои асосии химия, сохти атом ва ядроӣ он, қонун ва ҷадвали даврии элементҳои химиявӣ, банди химиявӣ ва сохти молекула, термохимия, синфҳои асосии пайвастагиҳои ғайриорганикӣ, пайвастагиҳои комплексӣ, маҷлӯҳҳо, назарияи диссоциатсияи электролитӣ, гидролиз, реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ ҳам оварда шудааст.

Агарчанде китоби мазкур дар асоси барномаҳои таълимии донишгоҳҳои омӯзгорӣ, мугобик ба ихтисосҳои «химия», «химия-биология», «химия-экология», «биология-химия» навишта шуда бошад ҳам, барои донишҷӯёни дигар мактабҳои олии, ки аз ин фан дарс мехонанд, барои аспирантону омӯзгорони мактабҳои таҳсилоти ҳамагонӣ низ аз аҳамият холӣ нест.

Муҳаррир

## БОБИ I

### МАФҲУМҶО ВА ҚОНУНҶОИ АСОСИИ ХИМИЯ

#### 1.1. МАФҲУМ ДАР БОРАИ МАТЕРИЯ ВА МОДДА

Дар табиат ба органҳои ҳиссиётии мо предметҳо ва ҳодисотҳои гуногун таъсир мерасонанд. Ин таъсирот ба шаклҳои дидан, ҳис намудан, бо ёрии лаззату буй ва усулҳои дигар ба амал меояд. Ин онро нишон медиҳад, ки олақи материалист.

Хосияти асосии материя — ин тағйирёбандагии он мебошад. Мо материяро дар шаклҳои гуногуни он, дар равандҳои табдилёбии як модда ба моддаи дигар ҳис намудан дониста мегирем. Ба мисоли моддаҳо — об, қанд, оҳан, сулфур, намаки ош ва ғайраҳо дохил мешаванд. Дар замони ҳозира зиёда аз 3 миллион модда маълум буда, ин миқдор торафт афзуд истодааст.

Бояд дар хотир дошт, ки агар ҳар як модда намуди материя бошад ҳам, на ҳар як намуди материя модда шуда метавонад. Масалан: майдони магнитӣ ё электрикӣ ифодаи ҳолатҳои алоҳидаи материя бошанд ҳам, модда ҳисоб шуда наметавонанд. Фаҳмиширо дар бораи модда ба фаҳмишҳои «предмет», «ҷисм» омехта кардан мумкин нест. «Ҷисм» гуфта дар илм як миқдор массаро новобаста ба шакл, бузургӣ, таркиб ва истифодабарии он мефаҳмонанд. Масалан, гуфтан мумкин аст, ки «намаки оши» - ин ҷисми сахт аст, ё худ «ғишти сохтмонӣ» - ин ҷисми сахти шаклаш чоркунҷа аст. Дар ҳаёт ҷисмҳои физикавиरो предметҳо меноманд. Предметҳо одатан ин ё он таиноти хоҷагӣ доранд. Шакл, андоза ва маводи ҳар як предмет аз таъиноти он вобаста аст.

Предмети алоҳидаро аз моддаҳои гуногун тайёр намудан мумкин, масалан, қошукро аз чуб, алюминий, нукра, пулоди зангназананда ва ғайра. Ё баръқас, аз як модда предметҳои гуногунро тайёр намудан мумкин: аз оҳани муллоим мех, тағора, сим, ҳалқа ва ғайраҳо.

## 1.2. ХОСИЯТҶОИ ФИЗИКАВӢ ВА ХИМИЯВИИ МОДДАҶО

Ҳар як модда ба хосиятҳои муайяне соҳиб мебошад. Аммо моддаҳо бо хосиятҳои гуногун зоҳир карданишон нигоҳ накарда, як ҷиҳати умумӣ доранд: онҳо материалӣ ҳастанд. Бинобар ин дунё дар гуногуншаклии худ ягона мебошад.

Ҳамаи хосиятҳои, ки моддаҳо зоҳир мекунанд ба хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ тақсим мешаванд. Ба хосиятҳои физикавӣ ҳолати агрегатӣ, ранг, ҳалшавӣ дар об ва ҳалкунандаҳои дигар (бе тағйирёбии таркиб ва сохти химиявӣ), вазни хос, ҳарорати гудозишу ҷӯшиш ва ғайраҳо дохил мешаванд.

Барои тавсифи моддаҳо бештар он хосиятҳои физикавӣ аҳамият доранд, ки чен карда мешаванд, бо ададҳо ифода меёбанд ва дар шароитҳои яхела доимӣ мебошанд. Онҳо бузургҳои собитии (константаҳои) физикӣ буда, ҳароратҳои гудозиш ва ҷӯшиш, шаклҳои булурҳоро (кристаллҳоро), агар модда булури (кристаллӣ) бошад, дарбар мегиранд.

Ҳамин тавр, хосиятҳои физикавӣ гуфта, чунин хосиятҳоро меноманд, ки дар натиҷаи зоҳиршавии онҳо тағйирёбии таркиб ё сохтори химиявии модда бетағйир мемонад.

Ба хосиятҳои химиявӣ бошанд чунин хосиятҳои дахл доранд, ки дар зоҳиршавии онҳо як модда ба моддаи дигар табдил меёбад. Масалан, ҷудошавии об ба элементҳои оро ташкилкунанда (гидроген ва оксиген), дар вақти аз он гузаронидани ҷараёни электрикӣ ё гарм кардани он аз  $2000^{\circ}\text{C}$  баланд, яке аз хосиятҳои химиявии он мебошад.

Барои тавсифи моддаҳо зарур аст, ки хосиятҳои муҳимтарини физикавӣ ва химиявии онҳо номбар карда шаванд. Дар амалия танҳо ҳамон хосиятҳоро ба ҳисоб мегиранд, ки агар онҳо дар мавриди истифодабарии модда зоҳир гарданд. Масалан, агар мо оҳанро дар электротехника истифода бурдани шавем, он гоҳ қобилияти электрикгузаронӣ ва магнитнокшавиашро ба ҳисоб мегирем, ё баръакс, агар онро ба

шакли оҳани пушанда истифода барем, он гоҳ хосиятҳои пластики ва ковокии онро ба ҳисоб гирифта зарур аст. Ҳамин тавр, моддаҳои вобаста ба хосиятҳои истифода мебаранд.

Маълум аст, ки моддаҳои гуногун хосиятҳои якхеларо доштанишон мумкин аст, бинобар он дар амалия мо метавонем, як маводро бо дигараш иваз намоем (масалан, барои сатҳи металлро аз оксидҳо тоза намудан ба ҷои кислотаи сулфат, кислотаи хлоридро ҳам истифода бурдан мумкин аст). Аммо ҳеҷ гоҳ ду моддаи тамоми хосиятҳои якхела шуданишон мумкин нест.

### 1.3. МОДДАҲОИ ТОЗА ВА ОМЕХТАҲО

Моддаҳои метавонанд каму беш тоза бошанд, ё омехтаҳои ташкил кунанд. Барои дараҷаи тозагии моддаро доништан, хосиятҳои онро омехта зарур аст. Хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ моддаи тоза дар вақти омехтаи зарраҳои хурдтарини он доимӣ мебошанд: моддаҳои дар шароитҳои додашуда хосиятҳои физикавӣ якхела ва доимӣ доранд ва як хел ба тағйироти химиявӣ дучор мешаванд.

Моддаҳои тоза гуфта чунин моддаҳои меноманд, ки аз молекулаҳои як намуд иборатанд. Моддаҳои мутлақо тоза амалан вучуд надоранд. Бинобар агар дар бораи моддаҳои тоза сухан рондан бошанд, моддаҳои нисбатан тозаро дар назар доранд. Аз ҷиҳати тозагии чунин моддаҳои фарқ мекунанд: техникаӣ, тоза, аз ҷиҳати химиявӣ тоза, тоза барои таҳлил. Дар қатори номбаршуда дараҷаи тозагии онҳо меафзояд.

Барои омехтаҳои он чиз характернок мебошад, ки таркиб ва хосиятҳои физико-химиявӣ онҳо доимӣ нестанд. Масалан, нафт омехтаи моддаҳои гуногун, асосан карбогидридҳои мебошад. Ғайр аз ин омехтаҳои аз ҷиҳати оптикӣ якҷинса ва гуногунҷинсаро фарқ мекунанд. Ба гуруҳи охири системаҳои дохил мешаванд, ки дар онҳо бо чашми одӣ, ё бо ёрии асбоб, зарраҳои хосиятҳои гуногундоштаро фарқ кардан мумкин аст. Ба ин гуна моддаҳои гранит, хок, шир, ё худ эмулсияҳои ба таври

сунъй тайёркардашуда (масалан, рағғани растани бо об омехта кардашуда), дохил мешаванд.

Ба омехтаҳои якҷинса ҳамин хел системаҳои дохил мешаванд, ки на бо ёрии асбоб ва на бо ёрии чашми оддӣ зарраҳои хосиятҳои гуногундоштаро дидан мумкин нест. Мисоли омехтаҳои якҷинса маҳлулҳои обии ғайриэлектролитҳо (маҳлули қанд дар об), навъҳои гуногуни бензин, керосин ва ғайраҳо мебошад.

Бинобар он омехтаҳо гуфта – системаҳои меноманд, ки аз якҷанд намуди молекулаҳо ё худ аз зарраҳои нисбатан калони молекулаҳои гуногун иборат бошанд. Дар ҳолати аз молекулаҳои гуногун иборат будани омехта, ҳиссаҳои метавонанд ба чашми оддӣ ноаён ё худ калон бошанд, яъне зарраҳои андозаашон гуногун дошта бошанд. Бинобар он дар байни омехтаҳои якҷинса ва гуногунҷинса сарҳади ҳатми нагузошта, онҳоро нисбатан якҷинса ва гуногунҷинса меноманд. Ба вучуди ин чунин муайянкунӣ дар амалия истифода бурда мешавад: масалан мегуянд, ки маҳлули қанд дар об якҷинса буда, овезан гил гуногунҷинса аст.

## 1.4. ОМЕХТАҲО ВА ПАЙВАСТАГИҲОИ ХИМИЯВӢ

Барои муайян намудани фарқи байни омехтаи механикӣ ва пайвастагии химиявӣ, таҷрибаи ҳосилшавии сулфиди оҳанро дида баромадан хеле қулай мебошад. Хокаи сулфур ва оҳанро алоҳида дида барои бовари ҳосил менамоем, ки хокаи сулфур ранги зард дошта, дар об ғарқ намешавад, ба кислотаҳои сулфат ва хлорид таъсир намекунад; хокаи оҳан ранги хокистарӣ дошта, дар об ғарқ мешавад, бо магнит кашида мешавад, бо маҳлулҳои обии кислотаҳои сулфат ва хлорид ба реаксия дохил шуда, намак ва гидрогенро ҳосил мекунад. Сулфурро бо оҳан омехта карда, омехтаеро ҳосил менамоем, ки рангаш аз миқдори сулфур ва оҳани гирифташуда вобаста аст.

Агар ба омехта магнитро наздик намоем, хокаи оҳан ба вай кашида шуда, сулфур боқӣ мемонад; дар вақти омехтаро ба

об дохил кардан хокаи оҳан ғарқ шуда, сулфур дар сатҳи об мемонад; дар вақти бо кислотаҳои сулфат ва хлорид таъсир намудан оҳан бо онҳо ба реаксия дохил шуда, намаку гидрогенро ҳосил мекунад, сулфур бошад бетағйир мемонад. Дар асоси ҳамаи ин таҷрибаҳо ба чунин хулоса омадан мумкин аст: дар омехта сулфур ва оҳан ҳосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ худро нигоҳ медоранд.

Акнун омехтаи сулфур ва оҳанро тавре тайёр мекунем, ки дар он 7 г хокаи оҳан ва 4 г хокаи сулфур бошад. Ин омехтаро дар пробирка ҷойгир намуда, пробиркаро дар болои аланга то гудохташавии омехта гарм мекунем. Баъд аз хунук шудан омехта ранги сиёҳчатобро мегирад, ки дар он оҳану сулфур мушоҳида карда намешаванд: моддаи ҳосилшуда бо магнит кашида намешавад, дар об ғарқ мешавад, бо кислотаҳои сулфат ва хлорид ба реаксия рафта намаку гази буяш нохуши гидрогенсулфидро ҳосил мекунад.

Аз таҷрибаи боло ба чунин хулоса омадан мумкин: дар вақти гарм кардани омехта сулфур ва оҳан ба ҳамдигар ба реаксияи химиявӣ дохил шуда, як моддаи дорои ҳосиятҳои навро ҳосил мекунанд, ки вай пайвастагии химиявӣ оҳан бо сулфур-сулфиди оҳан мебошад. Агар миқдори хокаи оҳан ва ё сулфурро тағйир диҳем, баъд аз ба охир расидани реаксия, ҳамон элементе, ки миқдорашро барзиёд гирифта будем, боқӣ мемонад. Ҳамин тавр, дар бораи фарқияти байни омехтаю пайвастагии химиявӣ ба чунин хулоса омадан мумкин:

1. Пайвастагии химиявӣ дар асоси қонуни доимияти таркиб ҳосил мешавад, яъне дар вақти ҳосилшавии пайвастагии химиявӣ элементҳо ба якдигар дар асоси нисбатҳои массавӣ муайян ба реаксия дохил мешаванд, аммо омехтаҳо бошанд, таркиби доимӣ надоранд.

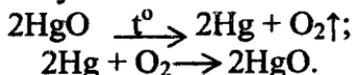
2. Моддаҳои гирифташуда баъд аз ҳосилшавии пайвастагии химиявӣ ҳосиятҳои аввалаи худро зоҳир намекунанд, чунки пайвастагии химиявӣ аз онҳо ҳосилшуда, ба ҳосиятҳои нав соҳиб мешавад. Дар омехтаҳои механикӣ бошад, қисмҳои ташкилкунандаи онҳо ҳосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ худро

нигоҳ медоранд, онхоро метавонем бо ин ё он усули физикавӣ аз якдигар ҷудо созем.

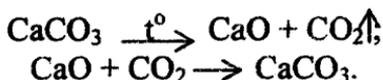
3. Дар вақти ҳосилшавии омехтаи механикӣ хоричшавӣ ва фурубарии энергия мушоҳида карда намешавад, ҳол он ки дар вақти ҳосилшавии пайвастагии химиявӣ хоричшавии (реаксияи экзотермӣ) ё фурубарии (реаксияи эндотермӣ) энергия мушоҳида карда мешавад.

## 1.5. МОДДАҶОИ СОДДА ВА МУРАККАБ

Агар мо оксиди симобро дар зарфи пушидаи найчаи газгузардошта гарм намоем, симоб ва оксигенро ҳосил мекунем. Яъне, оксиди симоб ба ду модда: симоб ва оксиген тақсим мешавад. Агар симобро дар ҳаво ё атмосфераи оксигендошта бо эҳтиёт гарм намоем, вай бо оксиген пайваस्त шуда, ба оксиди симоб табдил меёбад. Ҳамин тавр, оксиди симобро ба симоб ва оксиген ҷудо кардан ва онро дар натиҷаи реаксияи байни симобу оксиген ҳосил намудан мумкин аст. Ин ҳолатҳоро бо чунин муодилаҳо ифода кардан мумкин аст:

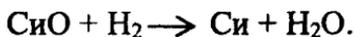


Карбонати калсий (бо намуди оҳаксанг, бур ё мрамор) дар вақти то 1000 °C гарм кардан ба оксиди калсий ва гази карбонат ҷудо мешавад ва баръакс, оксиди калсий дар атмосфераи гази карбонат бо он пайваस्त шуда, карбонати калсийро ҳосил мекунад:



Моддаҳое, ки ба якҷанд моддаҳои дигар ҷудо мешаванд; ё метавонанд дар асоси реаксияи пайвастшавӣ аз якҷанд моддаи дигар ҳосил шаванд, моддаҳои мураккаб номида мешаванд.

Мураккабии таркиби моддаро бо усулҳои дигар ҳам муайян кардан мумкин аст. Масалан, агар аз сатҳи оксиди мис тафсон гидрогени тозаро раvon намоем, мис ва обро ҳосил мекунем:



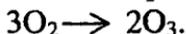
Об моддаи мураккаб мебошад, чунки гидроген танҳо як қисми таркибии он аст, қисми дигари таркибии он бошад, аз оксиди мис гирифта шудааст: аз ин чунин хулоса мебарояд, ки оксиди мис ҳам моддаи мураккаб мебошад.

Агар мо симоб ва оксигенро боз ба қисмҳои дигар ҷудо кунонидани шавем, ин мақсади мо иҷро намешавад: ҳамин тавр, симоб ва оксигенро дар асоси реаксияи пайвастшавии якчанд моддаҳои дигар ҳосил кардан мумкин нест.

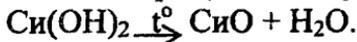
Моддаҳои, ки онҳоро ба қисмҳои дигар ҷудо кардан, ё худ дар натиҷаи реаксияи пайвастшавии ду ё якчанд модда ҳосил намудан мумкин нест, моддаҳои содда номида мешаванд.

Аз нуқтаи назари таълимоти атомӣ-молекулавӣ моддаҳои содда чунин моддаҳои мебошанд, ки молекулаҳои он аз атомҳои як элементи химиявӣ таъкил ёфтаанд. Моддаҳои мураккаб, моддаҳои мебошанд, ки молекулаҳои он аз атомҳои якчанд элементҳои химиявӣ таъкил ёфтаанд.

Аз молекулаҳои моддаи содда дар шароитҳои муайян моддаи соддаи дигарро ҳосил намудан мумкин аст. Масалан, аз оксиген бо ёрии разрядҳои электрикӣ як моддаи соддаи дигар – озонро ҳосил мекунам (ҳодисаи аллотропия):



Аз молекулаҳои моддаҳои мураккаб бошад, якчанд намуди молекулаҳои содда ҳосил намудан мумкин аст. Масалан, аз гидроксиди мис оксиди мис ва обро ҳосил намудан мумкин аст:



## 1.6. МЕТАЛЛҲО ВА ҒАЙРИМЕТАЛЛҲО

Хосияти чунин моддаҳо – ба монанди сулфур, фосфор ва ангиштро аз як тараф, оҳан, мис, алюминий ва симобро аз тарафи дигар муқоиса мекунем. Ҳамаи онҳо ба моддаҳои содда тааллуқ доранд, аммо аз руи хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ худ аз якдигар фарқ мекунам. Сулфур, фосфор ва ангиштро ҷилои металлӣ надоранд, ковок буда, ба намуди хока ҳам вучуд

дошта метавонанд, амалан гармӣ ва ҷараёни электрикиро намегузаронанд, вазни хоси нисбатан кам доранд. Онҳоро ғайриметалл меноманд. Оҳан, мис, алюминий ва симоб бошанд ҷилои металлӣ дошта, гармӣ ва ҷараёни электрикиро нағз мегузаронанд, қобилияти шакли худро аз таъсири қувваи беруна иваз намудан доранд. Онҳоро металлҳо меноманд.

Металлҳо аз ғайриметаллҳо инчунин бо хосиятҳои химияии худ ҳам фарқ мекунанд, ки ин хосиятҳо яке аз аломатҳои муҳимтарини фарқияти онҳо мебошанд.

1. Як қисми металлҳо метавонанд гидрогенро аз кислотаҳо ва об фишурда бароранд.

Металлҳо бо гидроген пайвастагиҳои устувори газшакл ҳосил намекунанд. Ғайриметаллҳо бошанд, баръакс гидрогенро аз кислотаҳо ва об фишурда бароварда наметавонанд, вале бо гидроген пайвастагиҳои устувори газшакл ҳосил мекунанд.

2. Аксарияти оксидҳои металлҳо оксидҳои асосӣ буда, баъзе аз онҳо амфотерианд ва танҳо қисми камашон оксидҳои кислотагӣ мебошанд. Оксидҳои асосии типӣ- , оксидҳои металлҳои ишқорӣ, ишқорзаминӣ ва баъзе металлҳои дигар мебошанд. Оксидҳои амфотерӣ  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$  ва кислотагӣ  $CrO_3$ ,  $Mn_2O_7$  мебошанд.

Оксидҳои ғайриметаллҳо, агар онҳо намакҳосилкунанда бошанд, ангидридҳои кислотаҳоянд, яъне оксидҳои кислотагӣ мебошанд.

3. Гидратҳои оксидҳои металлҳо-асосҳои дар об ҳалшаванда, ҳалнашаванда ё худ пайвастагиҳои амфотерианд. Гидратҳои оксидҳои ғайриметаллҳо – кислотаҳои осигендор, мебошанд.

4. Дар вақти реаксияҳои химиявӣ атомҳои металлҳо электронҳои валентиашонро пурра ва ё қисман гум карда, ба ионҳои мусбат заряднок табдил меёбанд ва барқароркунандаҳо мебошанд. Атомҳои ғайриметаллҳо бошанд, дар вақти реаксияҳои химиявӣ метавонанд ё электрон қабул карда (дар реаксияҳо бо металлҳо), ионҳои зарядашон манфиро ҳосил мекунанд, ё ин ки электронҳои валентиашонро ба дигар

ғайриметаллҳо диҳанд. Яъне, ғайриметаллҳо метавонанд ҳам оксидкунанда шаванд (бо металлҳо) ва ҳам баркароркунанда (бо ғайриметаллҳои аз худашон дида электроманфитар).

5. Дар вақти электролизи маҳлулҳо ё ғудохтаҳои пайвастагиҳо металлҳо дар электроди манфӣ-катод ҷудо мешаванд, ғайриметаллҳо бошанд-дар электроди мусбӣ-анод ҷудо мешаванд.

Металлҳои алоҳида пайвастагиҳои амфотерӣ ва баъзан пайвастагиҳои хосияти кислотагӣ дошта ҳосил карданашон мумкин аст. Бинобар ҳамин гуфтан мумкин аст, ки тақсим кардани элементҳо ба металлҳо ва ғайриметаллҳо то як дараҷа шартӣ мебошад. Ғайр аз металлҳои типӣ (ишқорӣ ва ишқорзаминӣ) ва ғайриметаллҳои типӣ (зергурӯҳи галогенҳо, оксиген) инчунин элементҳои мобайнӣ ҳам мавҷуданд, ки ба онҳо ҳам хосиятҳои металлӣ ва ҳам хосиятҳои ғайриметаллӣ хос мебошанд, ба онҳо, аз он ҷумла, хром, манган, сурма, қалъагӣ, мисол шуда метавонанд.

Хром ва манганро одатан ба қатори металлҳо дохил намуда, барои ҳосил кардани хулаҳои махсус, ҳамчун металлҳо, истифода мебаранд, зеро дар онҳо хосияти металлӣ нисбат ба хосияти ғайриметаллӣ бештар зоҳир мегардад.

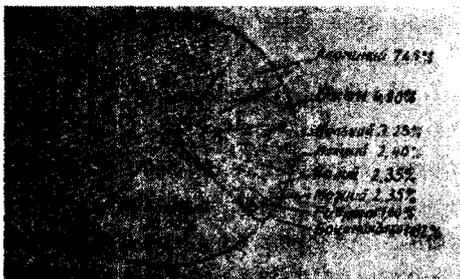
Аксарияти элементҳои химиявӣ (зиёда аз 80) ба металлҳо таалуқ доранд. Аз нуқтаи назари сохти атом гуфтан мумкин, ки дар қабати берунаи электронии металлҳо чун қоида аз 1 то 3 электрон шуданаш мумкин аст, дар қабати берунаи электронии ғайриметаллҳо бошад- аз 5 то 8-то. Элементҳои, ки дар қабати берунаи электронии худ 4 электрон доранд ё ғайриметалл мебошанд (карбон, силитсий), ё хосияти амфотерӣ зоҳир мекунад (қурғошим, қалъагӣ).

## 1.7. ЭЛЕМЕНТҲОИ ХИМИЯВӢ

Яке аз мафҳумҳои муҳимтарини химиявӣ – мафҳум дар бораи элементи химиявӣ мебошад. Дар табиат ҳамагӣ 89

элемент вомехурад. Муҳимтарини онҳо дар расми 1 нишон дода шудааст.

Ҳоло 109 элементи химиявӣ маълум аст, ки аз онҳо 20 -тоаш бо таври сунъӣ синтез карда шудааст ва 89-тоаш дар табиат вомехурад. Элементҳоро ба



Расми 1. Диаграмма паҳншавии элементҳои химиявӣ дар табиат

монанди моддаҳои содда ба металлҳо ва ғайриметаллҳо ҷудо мекунанд. Бинобар номҳои «металл» ё «ғайриметалл» метавонанд ҳам ба моддаҳои содда ва ҳам ба элементҳои алоҳида дахл дошта бошад. Металлҳо ва ғайриметаллҳо ба монанди моддаҳои содда хосиятҳои махсуси физикавии худро доранд. Фарқияти байни элементҳои химиявӣ – металлҳо ва ғайриметаллҳо дар реаксияҳои химиявӣ ва дар хосияти пайваستاгиҳои онҳо зоҳир мегардад.

Агар мо тасаввуроти «моддаи содда» ва «элементи химиявӣ»-ро муқоиса намоем, як қатор умумиятҳо ва фарқиатҳои онҳоро дида метавонем. Умумияти асосии байни онҳо аз он иборат аст, ки ҳам моддаҳои содда ва ҳам элементҳои химиявӣ дар вақти реаксияҳои химиявӣ ба дигар моддаҳо тақсим намешаванд.

Аз умумиятҳо дида фарқиати байни «моддаи содда» ва «элементи химиявӣ» зиёдтар аст. Элементи химиявӣ – ин маҷмуи атомҳоест, ки заряди яхелаи ядро доранд ва бинобар ба хосиятҳои монанди химиявӣ соҳиббанд. Моддаи содда – ин маҷмуи молекулаҳои бисёратома ё якатомае мебошад, ки массаи конкретии моддаро ҳосил мекунанд ва хосиятҳои муайян физикавӣ доранд. Элементи химиявӣ – ин тасаввуроти умумӣ дар бораи амалан вучуд доштани атомҳои хоси химиявиашон яхела, ки ба ягон массаи конкретӣ надоранд, мебошад. Барои элементи химиявӣ чунин хосиятҳои физикавӣ: ҳолати агрегатӣ, ҳарорати ҷушиш, ранг ва

ол

хос нестанд. Барои элементи химиявӣ масса ва заряди ядро хос мебошад.

Моддаи содда танҳо дар ҳолати озод вучуд дорад. Элементи химиявӣ бошад, ҳам ба намуди пайастагӣ бо элементҳои дигар ва ҳам ба намуди озод дар шакли моддаи содда вучуд дорад. Гуфтан мумкин аст, ки моддаи содда – ин шакли мавҷудияти элементи химиявӣ дар ҳолати озод бо хосиятҳои сифатан нав (хосиятҳои физикавӣ) буда, элементи химиявӣ - ин яке аз шаклҳои мавҷудияти материя мебошад. Хамин тавр, моддаи содда ва элементи химиявӣ шаклҳои мавҷудияти материя дар зинаҳои гуногуни инкишофи он мебошанд.

Моддаҳои содда бо моддаҳои дигар ба реаксия дохил шуда, молекулаҳои моддаҳои мураккабро ҳосил мекунанд, ки дар онҳо акнун моддаи содда набуда, танҳо атомҳои элементҳои химиявӣ мебошанд. Аммо ин он маъноро надорад, ки моддаи содда ба элементи химиявӣ табдил ёфтааст. Чунки дар он сурат ин он маъноро медошт, ки дар вақти элемент ба ҳолати озод ҷудо шуданаш нест шуда ва дар вақти ба реаксия дохил шудани моддаҳои содда пайдо мешуда бошад. Элементҳои табиӣ дар раванди реаксияҳои химиявӣ пайдо нашуда нест ҳам намешаванд. Молекулаҳои моддаи содда аз атомҳои як элемент иборат аст ва ҳангоми ба реаксия дохил шудан дар баробари ба атомҳои алоҳида ҷудо шуданаш, хосиятҳои хоси физикии худро гум мекунанд.

Як қатор элементҳои химиявӣ дар ҳолати озод ва дар шароитҳои муайян метавонанд моддаҳои соддаи гуногун ҳосил кунанд /ҳодисаи аллотропия/. Ҳодисаи аллотропия исботи айёни фарқи байни моддаҳои содда ва элементҳои химиявӣ мебошад.

## 1.8. ТАЪЛИМОТИ АТОМИЮ-МОЛЕКУЛАВӢ

Сабабҳо ва қонуниятҳои табдилёбии моддаҳо диққати олимони дер боз ба худ ҷалб мекунанд. Мутафаккирони қадим

ба чунин хулоса омада буданд, ки моддаҳои дидашаванда номутасил буда, маҷмуи заррачаҳои нисбатан хурдтарро ташкил медиҳанд. Онҳо ин заррачаҳоро бо тарзҳои гуногун мефаҳмонанд. Дар ин бора ақидаи нисбатан дурусттар аз тарафи философҳои юнонӣ Левин ва Демокрит, қариб 2500 сол пеш аз ин давра, изҳор карда шуда буд. Онҳо гипотезаи атомиро сохтанд, ки асоси онро тасаввурот дар бораи атомҳои доимӣ ва вайроннашаванда, холигиҳои байни онҳо ташкил меод. Тасаввуроти атомистии олимони қадим то пайдоиши таълимоти атомию-молекулавӣ, ки яке аз назарияҳои муҳимтарини табиатшиносӣ мебошад, инкишоф ёфт.

Мазмуни асосии таълимоти атомию-молекулавӣ то охири асри XIX чунин буд:

1. Ҷамаи моддаҳо аз молекулаҳо ташкил ёфтаанд. Молекула заррачаи хурдтарини модда мебошад, ки он дорои хосиятҳои химиявӣ модда аст.
2. Молекулаҳои як модда якхела буда, молекулаҳои моддаҳои гуногун ҷархелаанд.
3. Молекулаҳо доим дар ҳаракатанд ва суръати ин ҳаракати онҳо бо баландшавии ҳарорат меафзояд.
4. Дар байни молекулаҳо масоҳат мавҷуд аст.
5. Дар байни молекулаҳо қувваҳои кашиш ва теладиҳӣ мавҷуданд.
6. Аз таъсири қувваҳои беруни молекулаҳо ба атомҳо тақсим мешаванд.
7. Атомҳо заррачаҳои хурдтарини аз ҷиҳати химиявӣ тасимнашаванда мебошанд, ки дар натиҷаи реаксияҳои химиявӣ аз молекулаҳо ҳосил мешаванд.
8. Атомҳо аз якдигар бо масса, бузургии ва хосиятҳои химиявиашон фарқ мекунанд.
9. Маҷмуи атомҳои хосиятҳои химиявӣ якхела дошта намуди алоҳидаи атомро ташкил мекунанд, ки элементҳои химиявӣ номида мешаванд.

10. Атомҳо дар раванди реаксияҳои химиявӣ нест намешаванд ва аз нав ба амал намеоянд: онҳо ба якдигар пайваст шуда, молекулаҳоро ҳосил мекунанд.

11. Атомҳо (ё молекулаҳо) доимо дар ҳаракат мебошанд. Яке аз шаклҳои ҳаракати атомҳо реаксияҳои химиявӣ мебошад.

Молекулаҳо аз он нуқтаи назар заррачаи хурдтарин ҳисоб мешаванд, ки агар вайро тақсим намоем, он гоҳ моддаи додашуда барҳам хурда, ба ҷои он моддаи дигар ба амал меояд.

Молекулаҳои алоҳида чунин хосиятҳои физикавии моддаи додашуда:

ҳолати агрегатӣ, ранг, вазни хос, ҳарорати гудозиш, ҷушиш ва ғайраҳоро надорад. Ин хосиятҳо барои маҷмуи молекулаҳо хос буда, ба масофаи байни онҳо, қувваи часпиш, хислати ҳаракат, ҷойгиршавии молекулаҳо дар фазо алоқаманд аст. Дар ин ҷо яке аз қонунҳои асосии диалектика – қонуни гузариши тағйироти миқдорӣ ба сифатӣ ифода ёфтааст. Дар охири асри XIX муқаррар карда шуда буд, ки атом заррачаи мураккаб буда, аз ядро мусбат заряднок ва заррачаҳои манфӣ зарядноки дар атрофи он ҷарҳзананда – электронҳо иборат аст. Дар вақти реаксияҳои химиявӣ атомҳо метавонанд электронҳоро гум кунанд ё худ пайваст кунанд. Аммо аз сабаби нисбат ба массаи ядро атом, хеле ҳам массаи хурд доштани электрон, массаи атом амалан бетағйир мемонад ва баъд аз як қатор табaddулотҳо ба ҳолати аввалин худ бармегардад. Бинобар атомро «заррачаи хурдтарини аз ҷиҳати химиявӣ тақсимнашаванда» меноманд.

Олимон муддати дароз таълимоти атомию-молекулавиро эътироф намекарданд. Қариб тамоми асри XIX дар муборизаи байни атомистҳо, ки реалӣ будани атомҳо ва молекулаҳоро тасдиқ мекарданд ва намояндагони мактаби «энергетикҳо», ки мавҷудияти атомҳоро инкор мекарданд, гузашт. Реалӣ будани атомҳою молекулаҳо ва дар баробари ин илмӣ будани таълимоти атомию-молекулавиро далелу ақидаҳои зерин исбот (собит) менамоянд.

1. Соли 1827 ботаники англис Броун муқаррар намуд, ки гардҳои гули дар об ҷойгир кардашуда, ба таври хаотикӣ ҳаракат мекунад. Чунин ҳодисаро баъд аз Броун дигар олимон ҳам мушоҳида намуданд. Бо ёрии фотоаппарат ва микроскоп ин ҳаракати гардҳо ба расм гирифта шуда, чунин фаҳмонда шудаанд: гардҳои хурд ва сабуки гул аз таъсири зарбаҳои худ аз худ ҳаракатгирандаи ҳиссаҷаҳои об ба ҳаракат омаданд. Ин ҳодисот, ки номи «ҳаракати броуни»-ро гирифтааст, бешубҳа мавҷудият ва ҳаракати молекулаҳоро исбот мекунад.

2. Соли 1908 олими франсуз Жан Перрен дар таҷрибаҳои худ аз эмулсияи ранги гуммигут истифода бурда, вазни атомҳои оксиген, гидроген ва дертар миқдори атомҳои гидрогенро дар 1 г гидроген ҳисоб кард. Ин ҳисоб нишон дод, ки дар ҳар як грамм-атоми гидроген  $6 \cdot 10^{23}$  атом мавҷуд аст. Ин рақамро Перрен инчунин дар асоси қори олими Германия А. Эйнштейн ҳам ҳосил намуд. Агар усулҳои гуногун натиҷаи якхела диҳанд ин онро нишон медиҳад, ки дар ҳақиқат зарраҷаҳои мавҷуданд (атомҳо ва молекулаҳо), ки онҳоро ҳисоб намудан мумкин.

3. Исботи ба ҳама маълум ва қатъии реалӣ будани молекулаҳо ва атомҳо, инчунин ҳаракати ихтиёрии онҳо, ҳодисоти диффузия мебошад. Диффузия – ин раванди ихтиёран ба фазои байни молекулавии моддаҳо дохилшавии молекулаҳои моддаи дигар мебошад. Мисоли диффузия паҳншавии бӯй мебошад. Бӯй – ин яке аз хосиятҳои модда мебошад: агар мо дар ягон масофаи муайян буи моддаро ҳис кунем, ин онро нишон медиҳад, ки зарраҷаҳои нонамоёни он худ аз худ аз массаи умумии модда канда шуда, дар фазои ихотакардашуда паҳн мешаванд.

4. Техникаи ҳозиразамон чунин микроскопи электрониро сохтааст, ки вай андозаи моддаро то 100000 маротиба калон мекунад. Бо ёрии ин микроскоп мо метавонем молекулаҳоро мушоҳида намоем.

Реалӣ будани молекулаҳоро инҳо низ исбот мекунад:

а) худи амали табадуллои химиявӣ- тақсимшавии яке аз молекулаҳо ба амал омадани дигар молекулаҳоро нишон медиҳад;

б) мавҷудияти қонунҳои доимияти таркиб ва нигоҳдории массаи модда;

в) ҳодисоти радиоактивии табиӣ ва сунъӣ.

Ҳамаи омилҳои дар боло зикршуда бешубҳа реалӣ будани атомҳо ва молекулаҳоро нишон медиҳанд. Ҳатто В. Оствалд – асосгузори назарияи «энергетика» баъд аз корҳои Ж. Перрен ва А. Эйнштейн иқрор шуда мегуяд: «...акнун ман боварӣ дорам, ки мо метавонем амалан шакли қатъшаванда ё худ заррагӣ доштани моддаро исбот кунем, гипотезаи атомистӣ – назарияи илмӣ, қавӣ асоснок кардашуда мебошад».

Дар инкишофи таълимоти атомия-молекулавӣ олими рус М.В. Ломоносов хизмати арзанда кардааст. Вай ба илм мафҳуми молекулаҳоро (корпускулаҳоро) дохил намуда, фарқи байни «атом» (ё худ элемент) ва «молекула»-ро асоснок кунонидааст; фарқи байни «молекулаи моддаи содда» ва «атом»-ро нишон дода, бо ин аз ҳамзамонони худ пеш гузашта буд; тасаввуротро дар бораи атомҳою молекулаҳо бо реаксияҳои химиявӣ татбиқ кунонд. М. В. Ломоносов нишон дода буд, ки молекулаҳои якхела аз микдори якхелаи атомҳо таркиб ёфтаанд ва як хел пайваст шудаанд. Баръакс, агар молекулаҳо аз атомҳои якхела иборат бошанду лекин онҳо байни якдигар бо тарзҳои гуногун пайваст бошанд, он гоҳ онҳо гуногун мебошанд. Ин пешгуни бузург танҳо пас аз 100 сол ба таври эксперименталӣ аз тарафи химикӣ машҳури рус А. М. Бутлеров исбот карда шуд.

Ғарчанде минбаъд таълимоти атомия-молекулавиро олимони дигар инкишоф дода бошанд ҳам, лекин асосгузори вай олими рус. М. В. Ломоносов мебошад.

Мавқеҳои асосии таълимоти атомия-молекулавӣ 3-6-уми сентябри соли 1860 дар конгресси байналхалқии якуми химикон қабул карда шудааст. Аҳамияти муҳимтарини ин таълимот чунин аст:

1. Вай табиати материалии олам ва доимияти материяро дар шаклҳои гуногуни он тасдиқ мекунад.
2. Имконият медиҳад, ки на танҳо бисёр ҳодисотҳои физикавӣ ва химиявӣ дуруст фаҳмида шаванд, балки онҳо пешбинӣ карда шуда, идора карда шаванд.

## 1.9. МАССАҲОИ АТОМӢ ВА МОЛЕКУЛАВӢ. МОЛ

Дар вақти ҳисоб намудани массаҳои атомӣ аввал ба сифати воҳиди масса, массаи атомии гидрогенро – ҳамчун элементи сабуктарин гуфта қабул карда, нисбат ба вай массаҳои атомҳои дигар элементҳоро ҳисоб менамуданд. Аммо, азбаски массаҳои атомии бисёр элементҳо дар асоси пайвастагиҳои оксигени онҳо муайян карда мешуданд, бинобар ин амалан ҳисобкунӣ дар асоси массаи атомии оксиген, ки ба 16 баробар аст, қабул карда шуда буд. Дар ин сурат таносуби байни массаҳои атомии оксиген ва гидроген бояд 16:1 мешуд. Аммо қонунҳои нисбатан аниқӣ минбаъда нишон дод, ки ин таносуб ба 15,874:1 ё 16:1,0079 баробар аст. Аз ин рӯ тағйирёбии массаи атомии оксиген- ин сабаби тағйирёбии массаҳои атомии дигар элементҳо шуданаш мумкин буд. Бинобар ин чунин қарор қабул карда шуд, ки барои оксиген массаи атомии ба 16 баробар гузошта шуда, массаи атомии гидрогенро ба 1,0079 баробар қабул карда шавад.

Ҳамин тавр ба сифати воҳиди массаи атомӣ 1:16 ҳиссаи массаи атомии оксиген, ки номи воҳиди оксигениро гирифт, қабул карда шуд. Баъдтар муқаррар карда шуд, ки оксигени табиӣ аз омехтаи изотопҳо иборат аст, яъне воҳиди оксигени моҳияти миёнаи массаҳои атомҳои изотопҳои табиӣ оксигенро ифода менамояд. Барои физикаи атомӣ чунин воҳид қабул нашаванда буд ва бинобар ба сифати воҳиди массаи атомӣ  $\frac{1}{16}$  ҳиссаи массаи атомии изотопи  $^{16}\text{O}$  қабул карда шуд. Дар натиҷа ду ҷадвали массаҳои атомӣ: химиявӣ ва физикавӣ

ташкил ёфт. Албатта маҷудияти ду ҷадвали массаҳои атомӣ душворихои зиёдро ба миён овард.

Соли 1961 ҷадвали ягона оид ба массаҳои атомӣ қабул карда шуд, ки асоси онро  $\frac{1}{12}$  ҳиссаи массаи атомии изотопи

карбон  $^{12}\text{C}$  ташкил меод ва онро ҳамчун воҳиди массаи атомӣ (в.м.а.) номиданд. Вобаста ба ин дар замони ҳозира массаи нисбии атомӣ (кутоҳтараф – массаи атомӣ) элемент гуфта

нисбати массаи атомии онро ба  $\frac{1}{12}$  ҳиссаи массаи атоми  $^{12}\text{C}$

меноманд. Дар ин асос массаҳои нисбии атомҳои оксиген ва гидроген ба 15,9994 ва 1,0079 баробар шуданд. Мувофиқан ба ин массаи нисбии молекулаи (кутоҳтараф – массаи молекулавӣ) моддан содда ё мураккаб гуфта нисбати массаи молекулаҳои

онҳоро ба  $\frac{1}{12}$  ҳиссаи атомӣ  $^{12}\text{C}$  меноманд. Азбаски массаи ҳар

як ҳел молекулаҳо ба маҷмуи массаҳои атомҳои онҳоро ташилкунанда баробар аст, бинобар массаи нисбии молекула ба маҷмуи массаҳои нисбии атомҳои онро ташилкунанда баробар мебошад. Масалан, массаи молекулавии об, ки ду атом гидроген ва як атом оксиген дорад баробар аст ба:

$$1,0079 \cdot 2 + 15,9994 = 18,0152.$$

Бояд қайд кард, ки то вақтҳои охир ба ҷои истилоҳҳои (терминҳои) «массаи атомӣ» ва «массаи молекулавӣ» истилоҳҳои (терминҳои) «вазни атомӣ» ва «вазни молекулавӣ» истифода бурда мешуд.

Дар химия дар қатори воҳидҳои масса ва ҳаҷм, инчунин воҳиди миқдори модда, ки бо мол ифода меёбад, истифода бурда мешавад. Чунин миқдори молекулаҳо, атомҳо, нонҳо, электронҳо ё дигар воҳидҳои структурӣ, ки ба миқдори атомҳои дар 12 грамм изотопи карбони  $^{12}\text{C}$  буда баробаранд мол номида мешавад.

Мафҳуми «мол»-ро истифода бурда истода мо бояд дар ҳар як ҳолати мушаххас нишон диҳем, ки сухан дар бораи кадом

воҳиди структурӣ меравад. Масалан, бояд фарқ кард, ки воҳидҳои «мол атомҳои Н», «мол молекулаҳои Н<sub>2</sub>», «мол иоҳои Н<sup>+</sup>» вучуд доранд.

Дар замони ҳозира адади воҳидҳои структурӣ, ки дар 1 мол модда вучуд дорад (доимии Авогадро), бо дараҷаи дақиқ муайян карда шудааст. Дар ҳисобҳои амалӣ ин адад ба  $6,02 \cdot 10^{23}$  мол баробар қабул карда шудааст.

Нисбати массаи модда ( $m$ ) ба миқдори вай ( $n$ ) массаи моляӣ ном дорад ва чунин ифода меёбад:

$$M = \frac{m}{n}$$

Массаи молиро одатан бо грамм-мол ифода мекунанд. Азбаски дар 1 мол ҳама гуна моддаҳо адади якхелаи воҳидҳои структурӣ вучуд дорад, бинобар массаи модда ( $M$ , г/мол) ба воҳиди структурии додашуда, яъне ба массаи нисбии молекулавии (ё атоми) моддаи додашуда ( $M$  нисбӣ) мутаносиб аст:

$$M = K M_{\text{нисбӣ}}$$

Дар ин ҷо  $K$ - коэффитсиенти мутаносибӣ, ки барои ҳамаи модаҳо якхела мебошад.

Аз ин ҷо дидан мумкин, ки  $K = 1$  аст. Дар ҳақиқат, барои изотопи карбон <sup>12</sup>C  $M_{\text{нисбӣ}} = 12$ , массаи моляӣ бошад ба 12 г/мол баробар мебошад, яъне моҳиятҳои ададии  $M$  (г/мол) ва  $M$  нисбӣ якхелаанд, яъне  $K = 1$  аст. Аз ин ҷо ба чунин хулоса омадан мумкин, ки массаи моли модда, ки бо граммҳо дар мол ифода ёфтааст, ададан ба массаи нисбии молекулавии /атомӣ/ модда баробар аст. Масалан, массаи атомии гидрогени атомӣ-ба 1,0079 г/мол баробар аст, массаи моли молекулавии гидроген ба 2,0158 г/мол, массаи молекулавии оксиген ба 31,9988 г/мол баробар мебошад.

Мувофиқи қонуни Авогадро ҳамон як адади молекулаҳои газҳои гуногун дар шароитҳои якхела як хел ҳаҷмро ишғол мекунанд. Аз тарафи дигар, 1 мол моддаҳои гуногун адади якхелаи ҳиссачаҳоро доранд. Аз ин ҷо ба чунин хулоса омадан мумкин, ки дар ҳароратҳо ва фишорҳои якхела 1

мол моддаҳои гуногун дар ҳолати газӣ як ҳел ҳаҷмро ишғол мекунад. Дар ҳамин асос ба осонӣ ҳисоб кардан мумкин аст, ки 1 мол моддаи газшакл дар шароити муқаррарии атмосферӣ (фишор ба 101,325 Па, ҳарорати ба 0°C баробар), кадом ҳаҷмро ишғол мекунад. Масалан, дар асоси таҷриба муқаррар карда шудааст, ки массаи 1 литр оксиген дар шароити муқаррарӣ ба 1,43 г баробар аст. Аз ин ҷо ҳаҷме, ки дар ҳамон ҳел шароит 1 мол (32 г) оксиген ишғол мекунад, баробар аст ба  $32:1,43=22,4$  л. Дар вақти ҳисоб кардани ҳаҷми ишғолкардаи 1 мол гидроген, 1 мол CO<sub>2</sub> ва ғайра газҳо, чунин рақамро (яъне 22,4 л) ёфтан мумкин.

Нисбати ҳаҷме, ки моддаи додашуда ишғол мекунад ба миқдори вай ҳаҷми моли ном дорад. Аз гуфтаҳои боло дида мешавад, ки дар шароити муқаррарӣ ҳаҷми молии ҳамагуна газҳо ба 22,4 л-мол баробар аст.

### **Муайян намудани массаҳои молекулавии моддаҳои, ки дар ҳолати газӣ мавҷуданд.**

Барои муайян намудани массаи нисбии молекула одатан массаи молии моддаро (г/мол), ки ададан ба массаи нисбии молекула баробар аст, меёбанд. Агар моддаҳо дар ҳолати газӣ мавҷуд бошанд, онҳо массаи молии моддаро бо ёрии қонуни Авогадро меёбанд.

Мувофиқи қонуни Авогадро ҳаҷмҳои якхелаи газҳо, ки дар ҳарорат ва фишори якхела гирифта шудаанд, адади якхелаи молекулаҳоро доранд. Аз ин ҷо маълум мешавад, ки массаи ду гази ҳаҷми якхела дошта, бояд нисбат ба якдигар ҳамчун ба массаҳои молекулавии онҳо ба онҳо баробар буда нисбат кунанд:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

Дар ин ҷо  $m_1$  ва  $m_2$  — массаҳо,  $M_1$  ва  $M_2$  — массаҳои молии газҳои якум ва дуюм.

Нисбати массаи газӣ додануда ба массаи газӣ дигар, ки ба ҳамон ҳаҷм, дар ҳамон ҳарорат ва дар ҳамон фишор гирифта шудаанд зичии нисбии газӣ яумро ба газӣ дюм меноманд.

Масалан, дар шароити муқаррарӣ массаи 1 л дуоксиди карбон ба 1,98 г баробар аст: массаи ҳамин ҳел ҳаҷми гидроген ва дар ҳамин ҳел шароит бошад ба 0,09 г баробар аст. Аз ин ҷо зичии дуоксиди карбон нисбат ба гидроген баробар аст ба

$$1,98:0,09=22.$$

Зичии нисбии газро ( $\frac{m_1}{m_2}$ ) бо ҳарфи D ифода намуда

меёбем, ки:

$$D = \frac{M_1}{M_2}$$

Аз ин ҷо :

$$M_1 = D M_2.$$

Яъне массаи молии газ баробар аст ба ҳамзарби зичии газӣ додашуда, ки нисбат ба газӣ дигар ёфта шудааст, ба массаи молии газӣ дюм.

Бештар зичии газҳои гуногунро нисбат ба гидроген – ҳамчун газӣ сабуктарин муайян мекунанд. Азбаски массаи молии гидроген ба 2,0158 г/мол баробар аст, бинобар дар ин сурат муодила барои ҳисоб кардани массаҳои молярӣ чунин намудро мегирад:

$$M_1 = 2,0158D,$$

ё агар массаи молии гидрогенро то 2 яклухт намоем:

$$M_1 = 2D.$$

Масалан, агар бо ин муодила массаи молии дуоксиди карбонро, ки зичиаш нисбат ба гидроген ба 22 баробар аст ҳисоб намоем, он гоҳ чунин бузургиро ҳосил менамоем:

$$M_1 = 2 \cdot 22 = 44 \text{ г/мол.}$$

Баъзан массаи молии газро нисбат ба зичии он ба ҳаво муайян мекунанд. Ба ин нигоҳ накарда, ки ҳаво аз омехтаи газҳои гуногун иборат аст, дар бораи массаи миёнаи молии он сухан рондан мумкин. Ин бузургӣ, ки аз рӯи зичии он нисбат ба гидроген муайян карда шудааст, ба 29 г/мол баробар аст.

Зичии гази тадқиқшавандаро нисбат ба ҳаво бо  $D$  ҳаво ифода намуда, чунин муодиларо барои ҳисоб намудани массаҳои моли ҳосил менамоем.

$$M_1 = 29 \cdot D \text{ ҳаво.}$$

Массаи молии модда (ё худ массаи нисбии молекулавии он)-ро мо метавонем аз руи мафҳуми ҳаҷми молии моддаҳо дар ҳолати газӣ муайян намоем. Барои ин зарур аст ҳаҷме, ки массаи муайяни моддаи додашуда дар шароити муқаррарӣ ишғол мекунад ёфта шуда, баъд массаи 22,4 л ин модда дар ҳамин шароит муайян карда шавад. Бузургии, ки дар ин натиҷа меёбем, массаи молии моддаро бо г/мол ифода мекунад.

Мисол: 0,7924 г хлор дар  $0^\circ \text{C}$  ва фишори ба 101,325 кПа баробар буда, 250 мл ҳаҷмро ишғол мекунад. Зарур аст, ки массаи нисбии молекулавии хлор ёфта шавад. Барои ин меёбем, ки массаи хлор дар 22,4 л (22 400 мл) ҳаҷм чӣ қадар аст:

$$m = \frac{22400 \cdot 0,7924}{250} \approx 71 \text{ г.}$$

Яъне массаи молии хлор ба 71 г/мол, массаи нисбии молекулавии ба 71 баробар мебошад.

Одатан чен намудани ҳаҷми газҳо дар шароитҳои мегузарад, ки аз шароити муқаррарӣ фарқ мекунад. Дар ин сурат, барои ҳаҷми газро ба шароити муқаррарӣ мувофиқ намудан аз муодилае, ки қонунҳои гази Бойл-Мариотта ва Гей-Люссакро муттаҳид мекунад ва чунин намуд дорад:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

истифода бурдан мумкин аст.

Дар ин ҷо  $V$  - ҳаҷми газ дар фишори  $P$  ва ҳарорати  $T$ ;  $V_0$  - ҳаҷми газ дар фишори муқаррарӣ  $P_0$  (101,325 кПа ё 760 мм сут.сим.) ва ҳарорати  $T$  ( $273^\circ \text{K}$ ).

Массаи молии газро инчунин бо ёрии муодилаи ҳолати гази идеалӣ-муодилаи Клайперон-Менделеев ҳисоб кардан мумкин:

$$PV = \frac{mRT}{M}$$

ки дар ин ҷо  $P$  – фишори газ, Па;  $V$  – ҳаҷми он,  $M^3$ ;  $m$  – массаи модда, г;  $M$  – массаи молии он, г/мол;  $T$  – ҳарорати мутлақ, К;  $R$  – доимии универсалии газӣ, ки ба 8,314 Ҷ/мол К баробар аст.

Агар ҳаҷми газ бо литр ифода ёфта бошад, он гоҳ муодилаи Клайперон-Менделеев чунин намудро мегирад:

$$PV = \frac{1000mRT}{M}$$

Бо намуди овардашуда на танҳо массаи молекулавии газҳоро, балки ҳамаи моддаҳоро, ки дар вақти гармкунӣ (бе тақсимшавӣ) ба ҳолати газӣ мегузаранд, муайян кардан мумкин.

Барои ин баркашӣ моддаҳои тадқиқшавандаро ба буг табдил дода, ҳаҷм, ҳарорат ва фишори онро чен мекунанд. Ҳисобҳои минбаъда ба монанди муайянкунии массаи молекулавии газҳо мебошанд.

Бояд қайд кард, ки массаи молекулавии бо ин усулҳо муайян кардашуда он қадар аниқ нест. Чунин қонунҳои газии дидабаромадашуда ва муодилаи Клайперон – Менделеев танҳо барои фишорҳои хурд мувофиқанд. Массаи молекулавии аниқтари модда танҳо дар асоси таҳлили он муайян карда мешавад.

## 1.10. ЭКВИВАЛЕНТ. ҚОНУНИ ЭКВИВАЛЕНТҲО

Аз қонуни доимияти таркиб чунин хулоса мебарояд, ки элементҳо бо якдигар бо нисбатҳои муайяни миқдорӣ пайваст мешаванд. Бинобар дар химия мафҳуми эквивалент дохил карда шудааст (калимаи эквивалент маънояш – «баробарқиммат» мебошад).

Дар замони ҳозира эквиваленти элемент гуфта чунин миқдори онро меноманд, ки вай бо 1 мол атомҳои гидроген ба реаксия меравад, ё ин ки ҳамин миқдор атомҳои гидрогенро дар реаксияҳои химиявӣ иваз мекунад. Масалан, дар пайвастагиҳои  $HCl$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$  эквиваленти хлор, сулфур, нитроген ва

карбон мутаносибан ба 1 мол,  $\frac{1}{2}$  мол,  $\frac{1}{3}$  мол ва  $\frac{1}{4}$  мол баробар мебошад.

Массаи 1 эквиваленти элемент, массаи эквивалентии он номида мешавад. Яъне, дар мисолҳои дар боло овардашуда, массаҳои эквивалентии хлор, сулфур, нитроген, карбон ба  $\frac{35,45}{1} = 35,45$  г/мол,  $\frac{32}{2} = 16$  г/мол,  $\frac{14}{3} = 4,67$  г/мол,  $\frac{12}{4} = 3$  г/мол баробар мебошад.

Эквивалентҳо ва массаҳои эквивалентиро одатан ё дар асоси таҳлили пайвастагӣ, ё дар асоси натиҷаҳои ивази як элемент бо элементҳои дигар меёбанд. Барои муайян намудани эквивалент (ё массаи эквивалентии) элемент танҳо дар асоси пайвастагии он бо гидроген амал кардан шарт нест. Эквивалент (ё массаи эквивалентии) моддаро инчунин дар асоси таркиби пайвастагии ин элемент бо элементҳои дигар ҳам, ки эквиваленташ (ё массаи эквивалентиаш) маълум аст, ҳисоб кардан мумкин.

Мисол: дар вақти пайваस्त шудани 1,5 г натрий бо барзиёдии хлор 3,81 г хлориди натрий ҳосил шуд. Массаи эквивалентии натрийро ( $\mathcal{E}_{\text{Na}}$ ) ва эквиваленти оиро ёбед, агар маълум бошад, ки массаи эквивалентии хлор ба 35,45 г/мол баробар аст.

Ҳалли мисол: аз рақамҳои додашуда маълум мешавад, ки дар хлориди натрий ба 1,5 г натрий 3,81-1, 50 = 2,31 г хлор мувофиқ меояд.

Бинобар:

( $\mathcal{E}_{\text{Na}}$ ) г/мол натрий ба 35,45 г/мол хлор эквивалент аст.  
1,50 г Na ----- 2,31 г Cl<sub>2</sub>

Аз ин ҷо:

$$\mathcal{E}_{\text{Na}} = \frac{1,5 \cdot 35,45}{2,31} = 23,0 \text{ г/мол.}$$

Массаи молии атомҳои натрий (ки ададан ба массаи нисбии атомҳои натрий баробар аст) ба 23,0 г/мол баробар аст.

Яъне, массаҳои моли ва эквивалентии натрий бо ҳам баробаранд, аз ин ҷо эквиваленти натрий ба 1 мол баробар мешавад.

Бисёр элементҳо бо якдигар якчанд пайвастагӣ ҳосил мекунанд. Ин он маъноро дорад, ки эквиваленти элемент ва массаи эквивалентии вай метавонанд вобаста ба таркиби моддаҳои ҳосил кардашон якчанд моҳият (қимат) гиранд. Аммо дар ҳамаи ин ҳолатҳо эквивалентҳои гуногуни (ё массаҳои эквивалентии гуногуни) ҳамоно як элемент нисбат бо якдигар ҳамчун ададҳои бутун алоқаманданд. Масалан, массаҳои эквивалентии карбон, ки аз руи таркиби оксид ва дуосиди он ҳисоб шуданд, ба 3 г/мол ва 6 г/мол баробаранд. Нисбатҳои ин бузургӣҳо ба 1:2 баробаранд.

Дар қатори мафҳум оид ба массаҳои эквивалентӣ инчунин истифодабарии мафҳум оид ба ҳаҷми эквивалентӣ ҳам, ки дар шароитҳои додашуда эквиваленти модда ишғол мекунад, қулай мебошад. Масалан, дар шароити муқаррарӣ ҳаҷми эквивалентии гидроген ба 11,2 г/мол ҳаҷми эквиваленти оксиген ба 5,6 г/мол баробар мебошад.

Мафҳум дар бораи эквивалентҳо ва массаҳои эквивалентӣ инчунин ба моддаҳои мураккаб ҳам паҳн шуданаҷ мумкин. Эквиваленти моддаҳои мураккаб гуфта, чунин миқдори онро меноманд, ки метавонад бе боқимонда бо 1 эквиваленти гидроген ё умуман 1 эквиваленти моддаи дигар таъсир кунад.

Дар асоси мафҳум дар бораи эквивалент қонуни эквивалентҳо пешниҳод карда шудааст, ки мувофиқи он: массаҳои моддаҳои бо ҳам таъсиркуванда нисбат ба эквивалентҳои онҳо мутаносиби рост мебошанд.

яъне:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

Дар асоси қонуни эквивалентҳо чунин формулаҳо барои муайян кардани массаҳои эквивалентии моддаҳои мураккаб пешниҳод кардан мумкин:

$$Э_{\text{оксид}} = \frac{M_{\text{оксид}}}{\text{ададҳои атомҳои элемент} \cdot \text{валентнокии элемент}} ;$$

$$Э_{\text{кислота}} = \frac{M_{\text{кислота}}}{\text{асоснокии кислота}} ;$$

$$Э_{\text{асос}} = \frac{M_{\text{асос}}}{\text{кислотанокии асос}} ;$$

$$Э_{\text{намак}} = \frac{M_{\text{намак}}}{\text{адади атомҳои металл} \cdot \text{валентнокии металл}}$$

Дар ин ҷо  $M$  – массаи моли пайвастагӣ.

Ба монанди массаи эквивалентии моддаи содда (элементи химиявӣ)

массаи эквивалентии моддаи мураккаб метавонад яқчанд моҳиятҳо (қиматҳо) гирад.

Масалан, намаки турши гидросулфати натрий  $\text{NaHSO}_4$  метавонад бо гидроксиди натрий ё гидроксиди барий таъсир кунад:



Чи тавре, ки дида мешавад, ҳамагон як миқдори намак метавонад дар мисоли яқум бо 1 мол асосе, ки металли яқвалента ҳосил кардааст (яъне бо як эквиваленти асос) ва дар мисоли дуҷум бо як мол асос, ки металли дувалента ҳосил кардааст (яъне бо 2 эквиваленти асос) таъсир кунад. Бинобар дар мисоли яқум массаи эквивалентии  $\text{NaHSO}_4$  ба массаи моли он (120 г/мол) баробар буда, дар мисоли дуҷум массаи эквивалентии  $\text{NaHSO}_4$  ба  $\frac{M(\text{NaHSO}_4)}{2} = 60$  г/мол баробар мебошад.

## 1.11. ВАЛЕНТНОКӢ ВА АЛОҚАМАНДИИ ОН БО ЭКВИВАЛЕНТ

Мафҳум оид ба валентнокӣ дар химия аз миёнаҳои асри XIX дохил карда шудааст. Алоқамандии байни валентнокии элемент ва маҷрои он дар ҷадвали даврӣ бошад аз тарафи Д. И. Менделеев барқарор карда шудааст. Валентнокии ивазшаванда ҳам аз тарафи вай пешниҳод карда шудааст.

Валентнокӣ – мафҳуми мураккаб мебошад. Бинобар якҷанд муайянкунии валентнокӣ вучуд дорад, ки моҳияти гуногуни ин мафҳумро ифода мекунад. Чунин фаҳмиши валентнокиро нисбатан умумӣ гуфтан мумкин: валентнокии элемент – ин қобилияти атомҳои вай бо дигар атомҳои элементҳо бо нисбатҳои муайян пайваست шудан мебошад.

Дар аввал ба сифати воҳиди валентнокӣ валентнокии атоми гидроген қабул карда шуда буд. Валентнокии дигар элементҳо дар ин сурат бо адади атомҳои гидроген, ки метавонанд як атоми ҳамин элементро пайваст кунанд, ё иваз кунанд, ифода кардан мумкин. Валентнокии ҳамин тавр муайян карда шуда – валентнокӣ дар пайвастагиҳои гидрогенӣ ё валентнокӣ нисбат ба гидроген номида мешавад. Масалан, дар пайвастагиҳои  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$

валентнокии элементҳо нисбат ба гидроген баробар аст: барои хлор – ба 1, барои оксиген – ба 2, барои нитроген – ба 3 ва барои карбон – ба 4.

Валентнокии оксиген ба 2 баробар аст. Бинобар таркиб ё формулаи пайвастагии оксигенин ин ва ё он элементро доништа, мо метавонем валентнокии ин элементро муайян намоем. Валентнокии ҳамин тавр муайян кардашуда – валентнокӣ нисбат ба оксиген номида мешавад. Масалан, дар пайвастагиҳои  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  валентнокии нитроген, карбон, силитсий ва сулфур нисбат ба оксиген ба 1, 2, 4, 6 баробар мебошад.

Валентнокии бисёр элементҳо дар пайвастагиҳои гидрогенӣ ва оксигенишон гуногун мебошад. Масалан,

валентнокии сулфур нисбат ба гидроген ба 2, нисбат ба оксиген ба 6 (дар пайвастагии  $SO_3$ ) баробар мебошад. Ғайр аз ин, бисёр элементҳо дар пайвастагиҳои гуногунашон валентнокиҳои гуногунро зоҳир мекунанд. Масалан, карбон бо оксиген ду хел оксид ҳосил мекунанд: монооксиди карбон  $CO$  ва дуоксиди карбон  $CO_2$ . Дар монооксидаш валентнокии карбон ба 2 ва дар дуоксидаш ба 4 баробар аст.

Ғайр аз валентнокии бо гидроген ва бо оксиген қобилияти атомҳоро, ки бо якдигар пайваस्त мешаванд, мо метавонем бо усулҳои дигар ифода намоем. Масалан, бо ёрии адади бандҳои химиявӣ, ки атомҳои элементҳои додашуда ҳосил мекунанд, бо ёрии адади атомҳои, ки бевосита атоми элементҳои додашударо иҳота мекунанд (адади координатсионӣ).

Дар байни валентнокии элемент дар пайвастагии додашуда, массаи молии атомҳои он ва массаи эквивалентии он муносибати муайяне вучуд дорад, ки бевосита ба назарияи атомӣ ва мафҳуми массаи эквивалентӣ алоқаманд аст. Масалан, фарз кардем, ки валентнокии элемент нисбат ба гидроген ба 1 баробар аст. Ин он маъноро дорад, ки 1 мол атомҳои элементҳои додашуда метавонад 1 мол атомҳои (яъне 1 эквивалент) гидрогенро бо худ пайваस्त кунад ё иваз кунад. Аз ин ҷо маълум мешавад, ки массаи эквивалентии ин элемент ба массаи молии атомҳои он баробар аст. Аммо агар валентнокии элемент ба 2 баробар бошад, он гоҳ массаи молии атомҳои вай ба массаи эквивалентии вай ба якдигар баробар намешаванд: массаи эквивалентӣ аз массаи молии диди 2 маротиба кам мешавад. Масалан, массаи эквивалентии оксиген (8 г/мол) нисфи массаи молии онро (16 г/мол) ташкил медиҳад, чунки як мол атоми оксиген ба 2 мол атомҳои гидроген (яъне 2 эквиваленти гидроген) пайваस्त мешавад. Бинобар ин ба 1,0079 г гидроген  $16 : 2 = 8$  г оксиген рост меояд. Массаи эквивалентии алюминий, ки валентнокиаш ба 3 баробар аст, аз массаи молии атомҳои вай 3 маротиба кам аст ва ғайраҳо.

Ҷамин тавр, массаи эквивалентии элементи химиявӣ дар пайвастагии додашуда баробар аст ба тақсими массаи молии атомҳои он ба валентнокиаш, яъне:

$$\text{Массаи эквивалентӣ} = \frac{\text{Массаи молии атомҳо}}{\text{Валентнокӣ}} ;$$

аз ин ҷо:

$$\text{Валентнокӣ} = \frac{\text{Массаи моли атомҳо}}{\text{Массаи эквивалентӣ}}$$

Валентнокие, ки бо ёрии формулаи охири муайян карда шудааст, валентнокии стехиометрии элемент номида мешавад.

## 1.12. ТАҲЛИЛ ВА СИНТЕЗ

Барои тавсифи модда ва фаҳмонидани тағйиротҳои, ки ба онҳо модда дучор мешавад, зарур аст таркиби сифатӣ ва миқдории он омӯхта шавад. Барои иҷрои ин мақсад аз ду метод истифода мебаранд: таҳлил ва синтез.

Таҳлил дар навбати худ, сифатӣ ва миқдорӣ мешавад.

Таҳлили сифатӣ аз он иборат аст, ки таркиби элементарии модда муайян карда мешавад. Роҳи оддитарини ин метод ҷудокунии моддаи тадқиқшаванда ба моддаҳои содда ва нисбатан содда мебошад. Масалан, дар вақти гарм кардани оксиди симоб, вай ба симоб ва оксиген ҷудо мешавад, ки онҳо минбаъд тақсим намешаванд ва бинобар он моддаҳои содда мебошанд. Аз ин чунин хулоса мебарояд, ки оксиди симоб аз ду элемент- симоб ва оксиген ташкил ёфтааст:



Карбонати калсий дар вақти тафсонидан ба оксиди калсий ва гази карбонат тақсим мешавад: агар таркиби сифатии оксиди калсий  $\text{CaO}$  ва гази карбонат  $\text{CO}_2$  маълум бошад, он гоҳ таркиби сифатии карбонати калсийро муайян намудан мушкил нест.

Таҳлили миқдорӣ ба таҳлилий вазнӣ ва ҳаҷмӣ ҷудо мешавад.

Таҳлили ҳаҷмӣ бо кадом нисбатҳои ҳаҷмӣ ҷудо шудан ё бо кадом нисбатҳои ҳаҷмӣ бо ҳамдигар таъсир намудани моддаҳо, дар вақти ягон реаксияи химиявӣ, нишон медиҳад. Таҳлили вазнӣ бошад, онро муқаррар мекунад, ки элементҳо дар моддаи мураккаб бо кадом нисбатҳои массавӣ пайваست шудаанд. Ин натиҷаҳо инчунин дар асоси реаксияҳои ҷудошавӣ ҳам ба даст овардан мумкин аст. Масалан, дар вақти вайроншавии  $2,16$  г оксиди симоб  $2$  г симоб ва  $0,16$  г оксиген ҳосил шудаанд. Он гоҳ таркиби нисбати массавии оксид ба  $m(\text{Hg}) : m(\text{O}_2) = 2 : 0,16$  ё ададҳои бутуни  $200 : 16$  ифода карда мешавад. Таркиби массивиро бештар бо намуди фоиз (%) ифода мекунад: масалан, оксиди симоб  $92,6$  % симоб ва  $7,4$  % оксиген дорад.

Маълум аст, ки дар натиҷаи электролизи об ба як ҳаҷм оксиген ду ҳаҷм гидроген рост меояд. Аз руи ин натиҷаҳо таркиби массавии обро ҳисоб кардан мумкин: азбаски оксиген нисбат ба гидроген  $16$  маротиба вазнинтар аст, бинобар он  $1$  ҳаҷм оксиген назар ба  $2$  ҳаҷм гидроген дида  $8$  маротиба вазинтар аст. Аз ин ҷо, таркиби миқдории об бо нисбати  $m(\text{H}_2) : (\text{O}_2) = 1 : 8$  ифода мешавад, яъне ба як воҳиди массаи гидроген ҳашт воҳиди массаи оксиген рост меояд (ба ҳисоби фоиз :  $11,11$  % Н ва  $88,89$  % О).

Таркиби сифатӣ ва миқдориро бо методи синтез ҳам муайян намудан мумкин. **Синтези химиявӣ** – ин ҳосил намудани моддаҳои мураккаб аз моддаҳои содда ва нисбатан содда мебошад. Асоси синтези химиявиро реаксияҳои пайваستшавӣ ва дигар реаксияҳои химиявӣ ташкил менамоянд. Вақте, ки мо дар натиҷаи пайваст кардани оҳан ва сулфур сулфиди оҳанро ҳосил мекунем – ин синтези сулфиди оҳан мебошад ва муайян карда метавонем, ки маҳсулоти синтез аз ду элемент – сулфур ва оҳан иборат аст. Сулфур ва оҳан моддаҳои содда, сулфиди оҳан бошад моддаи мураккаб аст. Фарз кардем, ки дар реаксияи пайвастшавии сулфур оҳан  $7$  г оҳан иштирок намуда, дар натиҷа  $11$  г сулфиди оҳан ҳосил шудааст. Ин он маъноро дорад,

ки 7 г оҳан бо 4 г сулфур таъсир кардааст. ( $11 - 7 = 4$ ), бинобар он таркиби массавии сулфиди оҳан бо нисбати  $m(\text{Fe}) : (\text{S}) = 7 : 4$  ифода меёбад.

### 1.13. ҲОДИСОТҶОИ ФИЗИКАВӢ ВА ХИМИЯВӢ

Маълум аст, ки дар олам ҳама чизҳо дар ҳаракат буда, ҳама чизҳо тағйир меёбанд. Ҳамаи ҳодисотҷоеро, ки моддаҳо ба онҳо дучор мешаванд, ба ҳодисотҷои физикавӣ ва химиявӣ тақсим кардан мумкин аст.

Ба ҳодисотҷои физикавӣ чунин ҳодисотҷоҳо дохил мешаванд, ки дар натиҷаи онҳо моддаҳои нав ҳосил намешаванд. Дар натиҷаи ҳодисотҷои физикавӣ шакл, ҳолати агрегатӣ, ҳаҷм, ҳарорати модда ва ғайраҳо тағйир ёфтанишон мумкин. Молекулаҳои моддаҳо дар ин ҳолат тағйир намеёбанд, аммо масофаҳои байнимолекулавӣ, қувваҳои ба ҳам кашиши молекулавӣ ва ё суръати ҳаракати молекулаҳо метавонанд тағйир ёбанд.

Масалан, дар вақти гарм кардан моддаҳо ба чунин тағйиротҳо дучор шуданишон мумкин: баланд шудани суръати ҳаракати лапиши атомҳои молекула, зиёдшавии масофаи байни молекулаҳо ва васеъшавии моддаҳо.

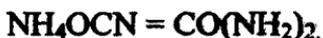
Дар вақти минбаъд гарм намудан, бо зиёдшавии масофаи байни молекулаҳо, қувваҳои часпиши онҳо кам мешаванд, ҳаракати лапиши онҳо бетартибона мешавад. Азбаски моддаи тоза аз молекулаҳои монанди суръати миёнаи ҳаракаташон яхела иборат аст, бинобар он ҳаракати лапиши бетартибона дар як ҳарорати муайян ба амал меояд. Аз ин рӯ моддаҳои тоза ҳама вақт дар ҳароратҳои яхела (доимӣ) гудохта мешаванд.

Ҳодисотҷои химиявӣ чунин ҳодисотҷоҳо мебошанд, ки дар натиҷаи онҳо аз баъзе моддаҳо, моддаи дигар ҳосил мешавад. Барои ҳодисотҷои химиявӣ баҳамтабдилёбии молекулаҳо хос мебошад. Ин табодулот дар тағйирёбии таркиб ё сохтори молекулаҳо ифода меёбад.

Масалан, дар натиҷаи тафсонидани карбонати калсий, оксиди калсий ва гази карбонат ҳосил мешаванд:



Дар ин сурат тағйирёбии таркиби сифатӣ ва миқдории молекулаҳо ба амал меояд. Чунин ҳодисотҳои химиявӣ ҳам шуданаш мумкин, ки дар натиҷаи он тағйирёбии миқдории таркиби молекулаҳо дида намешавад. Масалан, Вёлер дар соли 1828 аз сианати аммоний дурдаи пешоб ҳосил намуд (якумин синтези моддаи органикӣ аз моддаи ғайриорганикӣ берун аз ҷисми зинда):



Моҳияти ин ҳодисот аз он иборат аст, ки дар натиҷаи он ҷойивазкунии атомҳо, яъне тағйирёбии сохтори молекула ба амал меояд. Чунин ҳодисотро инчунин изомеризатсия ҳам (табдилёбии як изомер бо дигараш) меноманд ва дар химияи органикӣ васеъ истифода мебаранд.

Ҳодисотҳои химиявиро реаксияҳои химиявӣ ҳам меноманд. Чор намуди реаксияҳои химиявиро фарқ мекунанд: реаксияи пайвастшавӣ, реаксияи ҷудошавӣ, реаксияи ҷойгирӣ ва реаксияи ивазшавӣ ё муовиза (дар ин бора боз пурратар дар поён суҳан меравад).

## 1.14. АЛОМАТҲОИ ХИМИЯВӢ

Аломатҳои химиявӣ ё символҳои гуфта, ифодаҳои шартии элементҳоро (бо ёрии ҳарфҳои аввалини алфавити юнонӣ ё лотинӣ, ки элемент навишта мешавад) меноманд. Масалан: гидроген бо аломати H (аш) – ҳарфи аввали номи он бо забони лотинӣ Hydrogenium -ифода карда мешавад;

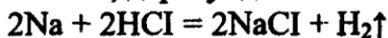
O – аломати оксиген – ҳарфи аввали номи Oxygenium; C – аломати карбон Carbonium; Ca – аломати калсий Calcium (дар ин ҷо ду ҳарфи аввалини ном гирифта мешавад, чунки бо ҳарфи аввалаи карбонифо ҳамаҷуз ифода мекунанд) ва ғайраҳо.

Аломатҳои ҳозираи химиявӣ ба илм дар аввали асри XIX аз тарафи олими швед Я. Берселлиус дохил кунонда шудааст.

Аломатҳои химиявӣ маънои муайяне доранд:

1. Агар аломат ба формула ва ба муодилаи химиявӣ дохил нашавад, он гоҳ вай элементи химиявиро умуман ифода намуда, ба ҷои калимаи дахлдор истифода бурда мешавад (масалан, аломатҳо дар системаи даврии Д.И.Менделеев, дар қатори ғаъолнокии металлҳо).

2. Аломати химиявӣ дар формула ё дар муодилаи реаксия як атоми элементро ифода мекунад; агар 2,3 ва ғайра атомҳоро ифода намудан зарур бошад, он гоҳ дар формула баъд аз аломат, дар поёнтараш, адади дахлдорро (индекси зарбкунанди атомӣ) навишта мешавад. Агар атомҳо озод бошанд, он гоҳ адади дахлдор (коэффитсиентҳо) пеш аз аломат навишта мешаванд. Масалан, дар муодилаи



тарзи навишти 2Na ду атоми натрийро ифода мекунад, ҳол он ки тарзи навишти H<sub>2</sub> молекулаи аз ду атомҳои байни якдигар пайваст будаи гидрогенро нишон медиҳад.

3. Дар формула ё муодилаҳои реаксияҳои химиявӣ аломат миқдори массавии элементро, ки ададаш ба массаи нисбии атомии он баробар аст, ифода мекунад. Агар миқдори моддаҳои ба ҳам таъсиркунанда ба мол ифода шуда бошанд, он гоҳ аломати химиявӣ танҳо як мол атомҳои элементро, новобаста ба он ки ба формулаи химиявӣ дохил мешавад ё атоми озодро ифода мекунад, нишон медиҳад.

Муодилаи реаксияи баҳамтаъсиркунии натрий ва кислотаи хлориди гидрогенро, ки дар боло оварда шуда буд, чунон хондан мумкин аст: ду мол атомҳои натрий бо ду мол кислотаи хлориди гидроген ба реаксия рафта, дар натиҷа 2 мол хлориди натрий ва як мол молекулаҳои гидроген ҳосил мекунанд. Ҳамин тавр, гуфтан мумкин, ки дар як мол кислотаи сульфат ду мол атомҳои гидроген, як мол атомҳои сулфур ва чор мол атомҳои оксиген дохил мебошанд.

Аломатҳои химиявӣ – асоси забони байналхалқии химиявии аниқ ва мухтасар мебошанд.

## 1.15. ФОРМУЛАҶОИ ХИМИЯВӢ

Ифодаѐбии таркиби моддаҳо бо ѐрии аломатҳои химиявӣ формулаи химиявӣ номида мешавад.

Барои он, ки формулаҳои молекулавии моддаи содда ифода карда шаванд, аломати химиявии элементи дахлдорро навишта, аз тарафи рости он дар поѐни аломат рақаме, ки адади атомҳои ифода карда, молекуларо ҳосил мекунад, навишта мешавад. Масалан,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $S_8$  формулаҳои молекулавии гидроген, нитроген, оксиген, озон ва сулфур мебошанд.

Дар вақти ифода намудани молекулаҳои моддаҳои мураккаб дар қатор аломатҳои элементҳои ба таркиби молекула дохилшавандаро навишта баъд аз аломат миқдори ҳар як атомро нишон медиҳанд. Масалан, дар таркиби молекулаи қанди лаблабу 12 атоми карбон, 22 атоми гидроген ва 11 атоми оксиген дохил мешаванд, формулааш  $C_{12}H_{22}O_{11}$  мешавад. Тартиби пайвастании атомҳои элементҳо бисѐр вақт аз он вобаста аст, ки моддаи додашуда ба кадом синф дохил мешавад.

Формулаҳои химиявӣ ба соддатарин ва ҳақиқӣ ѐ молекулавӣ тақсим мешаванд.

Формулаҳои соддатарин чунин формулаҳои мебошанд, ки танҳо таркиби сифатӣ ва нисбати массавии элементҳоро ифода мекунанд. Формулаҳои ҳақиқӣ бошанд, таркиби сифатӣ, нисбатҳои массавии элементҳо ва инчунин адади атомҳои ҳар як элементро дар молекулаи моддаи додашуда нишон медиҳанд. Масалан, формулаи соддатарини ацетилен  $CN$ , ҳақиқияш (молекулавиаш)  $C_2H_2$  мебошад. Формулаи якум нишон медиҳад, ки молекулаи ацетилен аз элементҳои карбон ва гидроген иборат буда, ба як атом гидроген як атом карбон рост меояд (нисбати массавии онҳо ба 12:1 ифода мешавад), формулаи дуюм нишон медиҳад, ки дар молекулаи ацетилен ҳатман ду атоми карбон ва ду атоми гидроген шуданаш лозим.

Барои аксарияти моддаҳои ғайриорганикӣ формулаи соддатарин инчунин формулаи ҳақиқӣ ҳам мебошад. Масалан, формулаи қислотаи сулфат. Дар моддаҳои органикӣ бошад,

формулаи соддатарин на ҳама вақт формулаи молекулавист. Якчанд моддаҳо метавонанд формулаи соддатарини яхела дошта бошанд: масалан, атситилен ва бензол формулаи соддатарини  $C_nH_{2n}$ -ро доранд.

Азбаски моддаи тоза аз молекулаҳои яхела иборат аст, бинобар он таркиби як молекула метавонад таркиби массаи дилхоҳи онро ифода кунад. Яъне, формулаи химиявӣ таркиби сифатӣ ва миқдории моддаи додашударо ифода мекунад.

Формулаи химиявӣ инҳоро нишон медиҳад:

1. Моддаи додашуда аз кадом элементҳо иборат аст, оё вай содда аст ё мураккаб?
2. Чӣ қадар атомҳои ҳар як элемент дар таркиби молекула мавҷуд мебошад?
3. Ҳиссаи массаи ҳар як элемент дар молекула чӣ гуна аст?
4. Элементҳо дар моддаи мураккаби додашуда ба кадом нисбати массаҳо дохиланд?
5. Массаи нисбии молекулаи модда ба чанд баробар аст?
6. Массаи молиии модда ба чанд грамм баробар аст?

Масалан, формулаи содда (карбонати натрий) нишон медиҳад, ки:

1. Ин модда мураккаб буда, аз се элемент иборат аст: натрий, карбон ва оксиген.
2. Дар молекулаи карбонати натрий ду атом натрий, як атом карбон ва се атом оксиген мавҷуданд.
3. Дар ҳар як молекулаи ин модда тахминан 46 ҳиссаи массаи натрий, 12 ҳиссаи массаи карбон ва 48 ҳиссаи массаи оксиген мавҷуд аст.
4. Нисбатҳои массаи ин элементҳо ба якдигар чунин мебошанд:  $46 : 12 : 48 = 23 : 6 : 24$
5. Массаи нисбии молекулаи модда ба суммаи массаҳои нисбии элементҳо дар молекула баробар аст:

$$46 + 12 + 48 = 106, \text{ яъне } M_r = 106 \text{ в.а.м}$$

6. Массаи молиии ин модда ба 106 г баробар аст, яъне  $M = 106 \text{ г/мол}$ .

## 1.16. МУАЙЯН НАМУДАНИ ФОРМУЛАИ СОДДАТАРИН

Ёфтани формулаи соддатарини моддаи мураккаб – ин аз муайян намудани элементҳое, ки он моддаро ташкил медиҳанд ва бо кадом миқдорҳои нисбӣ байни ҳам пайваст мешаванд, иборат мебошад. Барои чунин масъаларо ҳал намудан дониستاني таркиби сифатӣ ва массавии он модда зарур аст.

Таркиби массавӣ бо фоиз ё худ нисбатҳои ададҳои бутун ё касрии дигар ифода шуданаш мумкин.

**Масъалаи 1.** Формулаи соддатарини моддаро, ки аз 40 % сулфур ва 60 % оксиген иборат аст, муайян намоед.

**Ҳалли масъала.** Аз шартҳои масъала маълум аст, ки моддаи дарахт аз ду элемент иборат буда, яке аз оксидҳои сулфур мебошад. Барои ёфтани миқдорҳои нисбии атомҳои сулфур ва оксиген, миқдори атомҳои сулфурро бо ҳарфи  $x$  ва миқдори атомҳои оксигенро бо ҳарфи  $y$  ифода мекунем. Он гоҳ формулаи ёфташударо бо шакли  $S_x O_y$  навиштан мумкин.

Бузургҳои  $x$  ва  $y$ -ро меёбем. Миқдори атомҳои элемент дар молекула ба нисбати миқдори массавиаш, бар массаи нисбии атомаш баробар аст.

Бинобар он:  $x = \frac{40}{32}$ ;  $y = \frac{60}{16}$  аст ва онҳо нисбати  $x$  ва  $y$

чунин шуданаш мумкин:

$$\frac{x}{y} = \frac{40}{32} : \frac{60}{16} = \frac{40 \cdot 16}{32 \cdot 60} = \frac{1}{3}$$

Яъне, дар молекулаи оксиди додашуда атомҳои оксиген нисбат ба атомҳои сулфур 3 маротиба зиёд, ё худ ба як атоми сулфур се атоми оксиген рост меояд, бинобар формулаи он  $SO_3$  - яъне ангидриди кислотаи сулфат мебошад.

**Масъалаи 2.** Формулаи соддатарини моддаро, ки 40 % мис, 20 % сулфур ва 40 % оксиген дорад муайян кунед.

**Ҳалли масъала:** Аз шартҳои масъала ба чунин хулоса омадан мумкин, ки моддаи дода шуда аз мис, сулфур ва оксиген иборат аст. Миқдори атомҳои мисро бо  $x$ , сулфурро бо  $y$  ва оксигенро

бо  $z$  ифода менамоем. Он гоҳ формулаи модда чунин намууд доштанаши мумкин:



Қимматҳои номаълумро муайян мекунем:

$$x = \frac{40}{64}; y = \frac{20}{32}; z = \frac{40}{16}.$$

Акнун нисбати миқдори атомҳои як элементро бо элементҳои дигар муайян мекунем:

$$\frac{x}{y} = \frac{40}{64} : \frac{20}{32} = \frac{40 \cdot 32}{64 \cdot 20} = \frac{1}{1},$$

Яъне, дар молекулаи моддаи додашуда ба як атом сулфур як атом мис рост меояд. Акнун нисбати байни дигар ҷуфти элементҳоро меёбем:

$$\frac{y}{z} = \frac{20}{32} : \frac{40}{16} = \frac{20 \cdot 16}{32 \cdot 40} = \frac{1}{4},$$

яъне ба як атоми сулфур чор атоми оксиген рост меояд. Бинобар он формулаи ҷустуҷӯ кардашаванда  $\text{SiSO}_4$  мебошад.

## 1.17. ФОРМУЛАҲОИ СТРУКТУРИИ (СОХТОРИИ) ПАЙВАСТАГИҲОИ ҒАЙРИОРГАНИКӢ

Формулаҳои соддатарин ва ҳақиқие, ки чӣ гуна ва чӣ қадар атомҳои дар таркиби молекулаи моддаи додашуда дохил бударо нишон медиҳанд, формулаҳои эмпирики номида мешаванд. Ғайр аз формулаҳои эмпирики инчунин формулаҳои сохторӣ ё худ графики ҳам маълум аст. Формулаҳои сохторӣ ғайр аз таркиби сифатӣ ва миқдорини модда, инчунин тартиби пайвастишавии атомҳоро дар молекула нишон медиҳанд. Барои навиштани формулаи сохторӣ зарур аст, ки формулаи эмпирикии модда ва валентнокии элементҳои ба таркиби молекула дохилшаванда доништа шаванд. Дар вақти навиштани формулаҳои сохторӣ инҳоро бояд дар назар дошт:

1. Бевосита ба якдигар элементҳое пайваст мешаванд, ки агар аломатҳои дараҷаи оксидшавии муқобил дошта бошанд (атомҳои элементҳои гуногун, ки дараҷаи

оксидшавии манфӣ доранд, бевосита байни ҳам пайваст намешаванд).

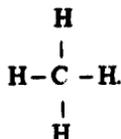
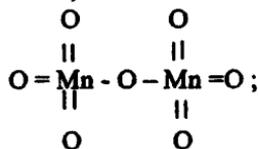
2. Дараҷаи оксидшавии мусбӣ як атомро дараҷаи оксидшавии манфӣи дигар атом сер мекунад: ин ду валентнокии байни ҳам сершудаи атомҳо бо як хатчаи байни аломатҳои ин элементҳо ифода карда мешавад.
3. Хатча дар формулаи сохтори пайвастагии атомӣ як ҷуфти электрони умумиро, дар пайвастагии ионӣ бошад – як заряди мусбӣ як атом ва як заряди манфӣи дигар атомро ифода мекунад. Бинобар, бояд адади хатчаҳои атоми элементҳои додасударо бо дигар атом пайвасткунанда, ба валентнокии элементҳои додасуда баробар бошад.

**Мисоли 1.** Формулаҳои графیکی моддаҳои зерин навишта шаванд:



Пеш аз ҳама зарур аст, ки бузургӣ ва аломати валентнокии ҳар як элементро муайян карда, баъд формулаи графیکی моддаи додасуда навишта шавад.

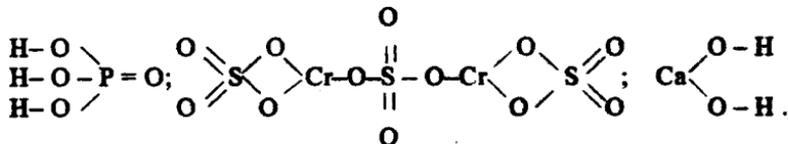
Аз мулоҳизаҳои дар боло гуфташуда истифода мебарем:



Формулаҳои графикӣ танҳо пай дар пай пайвастшавии атомҳоро нишон дода, ҷойгиршавии онҳоро дар фазо намефаҳмонанд, бинобар он дар қоғаз аломатҳои химиявии элементҳоро дар асоси қоидаҳои дар боло навишташуда, бо кунҷҳои гуногун ҷойгир кунондан мумкин аст.

Мисоли 2. Формулаҳои графикии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ва  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  навишта шаванд.

Чи тавре, ки қайд карда будем, пеш аз ҳама бузургӣ ва аломати валентнокии элементҳоро муайян кардан зарур аст. Дар моддаҳои додашуда ба дараҷаи оксидшавии манфӣ танҳо оксиген соҳиб мешавад (-2), элементҳои боқимонда дараҷаи оксидшавии мусбат доранд.  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{P}^{+5}$ ,  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{S}^{+6}$  Дар ҳамин асос формулаҳои графии моддаҳои додашуда чунин шуданаш мумин:



Ҳар як формулаи навишташуда ба ҳамаи талаботҳои дар боло овардашуда ҷавоб медиҳад:

- нишон медиҳад, ки чӣ қадар атомҳои ҳар як элемент дар моддаи додашуда мавҷуд аст;
- валентнокии ҳар як элемент ба чанд баробар аст;
- бо кадом пайдарпай атомҳо бо якдигар пайваست шудаанд;
- атомҳои элементҳои дараҷаи оксидшавиашон мусбат бо атомҳои элементҳои дараҷаи оксидшавии манфӣ дошта пайванданд.

Аз мисоли дуҷум дида мешавад, ки атомҳои гидроген дар молекулаҳои асосҳо ва кислотаҳои оксигендор бо атомҳои, ки асосҳо ва кислотаҳо ҳосил мекунанд ба воситаи атоми оксиген пайваست шудаанд; дар намакҳои атомҳои металлҳо ба ҷои атомҳои гидрогени кислота ҷойгир шудаанд. Инро доништа, мо метавонем бо осонӣ формулаҳои графии асосҳо, кислотаҳо ва намакҳо нависем.

Қонунҳои доимияти таркиб ва нигоҳдории масса қонунҳои асосии химия мебошанд. Агар натиҷаи якумаш формулаҳои химиявӣ буда, бетағйирии таркиби моддаҳо новобаста аз усули ҳосилкунии онҳо нишон диҳад, он гоҳ қонуни дуҷумаш дар муодилаҳои реаксияҳои химиявӣ ифода меёбад, ки вай табаддулоти моддаҳо ва тағйирёбии онҳо нишон медиҳад.

Химикҳо одатан таркиби моддаҳо ё моҳияти реаксияҳоро бо ёрии аломатҳо ва реаксияҳои химиявӣ ифода мекунанд. Дуруст фаҳмидан ва татбиқ намудани забони химиявӣ яке аз шартҳои зарурии самаранок омӯхтани химия мебошад.

## 1.18. МУОДИЛАҲОИ ХИМИЯВӢ

Ифода намудани реаксияҳои химиявиро бо ёрии формулаҳо ва аломатҳои химиявӣ муодидилаҳои химиявӣ меноманд.

Ба монанди ҳамаи дигар муодилаҳо вай аз ду қисм: чап ва рост иборат аст, ки бо ёрии аломати баробарӣ пайваст карда шудааст (дар муодилаҳои реаксияҳои байни моддаҳои органикӣ ба ҷои аломати баробарӣ аломати тирча гузошта мешавад). Дар байни формулаҳои моддаҳои гирифташуда ва моддаҳои маҳсулоти реаксия аломати « = » мегузоранд.

Тартиб додани муодилаҳои химиявӣ аз ду зина иборат аст:

- тартиб додани тарҳи (схемаи) реаксия;
- интиҳоб намудани коэффитсиентҳо.

Схема нишон медиҳад, ки кадом моддаҳо ба реаксия дохил шудаанд ва кадом моддаҳо ҳосил шудаанд, яъне танҳо тарафи сифатии реаксияро нишон медиҳад. Аммо, чи тавре, ки маълум аст, муодилаҳои реаксияҳо инчунин тарафи миқдории онҳоро ҳам, дар асоси қонуни нигоҳдории масса, ифода мекунанд.

Барои он, ки схемаи реаксия ба муодилаи реаксия табдил дода шавад, зарур аст, ки коэффитсиентҳо интиҳоб карда шаванд. Интиҳоб намудани коэффитсиентҳо – ин муайян намудани он миқдори хурдтарини молекулаҳо ё атомҳои алоҳида мебошад, ки дар асоси онҳо миқдори умумии атомҳои ҳар як элемент дар тарафи рост ва чап баробар мешавад.

Дар вақти интиҳоб намудани коэффитсиентҳо индексҳоро иваз намудан мумкин нест. Дар ин сурат массаи умумии моддаҳои тарафи чапи баробарӣ ба массаи умумии тарафи рости баробарӣ як хел мешаванд. Яъне дар вақти тартиб додани муодилаҳои химиявӣ ба қонунҳои доимияти таркиб ва

нигоҳдории масса итоат кардан зарур аст. Пеш аз он, ки ба ҷо ба ҷо гузории коэффитсиентҳо машғул шавем, зарур аст, ки ба моҳияти схемаи ифодаёфта сарфаҳм равам: моддаҳо ба ҷи хел тағйиротҳо дучор шудаанд, реаксияи додашуда ба кадом тип тааллуқ дорад. Чунин таҳлил барои бошуурона интиҳоб намудани коэффитсиентҳо зарур аст. Чунин тарзи интиҳоби коэффитсиентҳо тавсия дода мешавад:

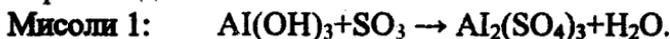
1. Ҷо ба ҷо гузориро аз формулаи нисбатан мураккаб сар кардан лозим аст;

2. Аз элементҳо ҳамоноаширо интиҳоб кардан лозим аст, ки ҳам дар тарафи чап ва ҳам дар тарафи рост танҳо ба таркиби як модда дохил бошад;

3. Агар миқдори атомҳои ин гуна элементҳо дар як тарафи муодила тоқ ва дар тарафи дигар ҷуфт бошад, он гоҳ пеш аз формулаи атомҳои тоқ дошта аввалан коэффитсиенти ҷуфтро мегузоранд, баъд аз он миқдори атомҳоро баробар мекунанд. Агар коэффитсиенти ҷуфти якум дуруст наояд он гоҳ коэффитсиенти ҷуфти дуюм, сеюм ва ғайраҳоро гузоштан мумкин.

4. Агар дар реаксия моддаҳои соддаи молекулаҳояшон дуатома иштирок дошта бошанд, аввал индекси онҳоро ба ҳисоб гирифта, сонӣ коэффитсиентҳояшонро зиёд мекунанд;

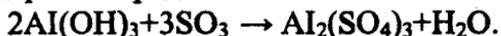
5. Дар сурати реаксияҳои осидшавӣ-барароршавӣ усули беҳтарин – ҳисоб намудани адади электронҳои додашуда ва қабул кардашуда аз тарафи атомҳо ё ионҳо мебошад, бояд ин адад баробар бошад.



Дар ин муодила мувофиқи қоидаҳои дар боло навишташуда, диққатро ба формулаи нисбатан мураккаби  $Al_2(SO_4)_3$  ҷалб мекунем. Дар молекулаи ин модда ду атоми алюминий мавҷуд аст, дар молекулаи  $Al(OH)_3$  бошад як атом. Бинобар он, пеш аз формулаи  $Al(OH)_3$  коэффитсиенти 2 мегузорем:

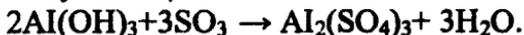


Акнун миқдори атомҳои сулфурро баробар мекунем. Дар молекулаи намаки  $Al_2(SO_4)_3$  се боқимондаи кислотагӣ  $SO_4^{2-}$  мавҷуд аст. Барои ҳосилшавии як боқимондаи кислотагӣ як молекула  $SO_3$  зарур аст, барои ҳосилшавии 3 боқимондаи кислотагӣ бошад, се  $SO_3$  зарур аст. Онгоҳ схемаи муодилаи реаксия чунин намудро мегирад:



Дар ин ҷо танҳо миқдори атомҳои гидроген ва оксиген баробар нашуда мондаанд. Ба баробаркунии миқдори атомҳои оксиген шуруъ намудан ба мақсад мувофиқ нест, чунки миқдори молекулаҳои оби ҳосилшуда маълум нест, бинобар бехтар аст, ки аввал миқдори атомҳои гидроген баробар кунонида шавад.

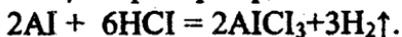
Дар тарафи чапи муодила дар ду молекулаи гидроксиди алюминий ҳамагӣ 6 атом гидроген мавҷуд аст ва ҳамаи онҳо барои ҳосилшавии молекулаи об сарф шудаанд, яъне бояд се молекула об ҳосил шавад:



Акнун миқдори атомҳои оксигенро дар тарафи чап ва ростии муодила ҳисоб карда, боварӣ ҳосил мекунем, ки онҳо баробар мебошанд.



Дар ин схема миқдори атомҳои гидроген ва боқимондаи кислотагӣ дар тарафи чап ва ростии муодила буда нобаробар мебошанд. Чӣ тавре, ки дида мешавад, чӣ қадар ки атомҳои гидроген ҷудо нашавад, ҳама вақт адади атомҳои ҳуфт мемонад, ҳол он ки дар молекулаҳои  $HCl$  адади атомҳои гидроген тоқ мебошад. Бинобар пеш аз формулаи  $HCl$  коэффитсиенти ҳуфт гузоштан лозим аст. Коэффитсиенти 2 ва 4 мувофиқ намеояд, чунки дар он ҳолат миқдори боқимондаи кислотагӣ  $Cl^-$  баробар намешавад. Коэффитсиенти 6 бошад имконият медиҳад, ки миқдори атомҳои ҳамаи элементҳо баробар карда шавад:



Мисолҳои ҷо ба ҷо гузори коэффитсиентҳо, дар асоси миқдори электронҳои гирифташуда ва додашуда, дар мавзӯҳои гуногуни оянда муфассалтар дида баромада мешаванд.

Зарур аст, ки хондани муодиларо аз фаҳмонида додани он фарқ карда шавад. Хондани формула асосан аз талаффуз намудани формулаҳо ва атомҳои химиявӣ, инчунин аз аломатҳои «+» ва «=» иборат аст.

Масалан: муодилаи реаксияи



чунин хонда мешавад: калсий-се-о-се ҷамъ (плюс) 2 аш-хлор баробар калсий-хлор-ду ҷамъ аш-ду-о ҷамъ се-о-ду.

Фаҳмонида додани муодила бошад, вобаста ба мақсади дар пеш гузошта шуда, гуногун мешавад. Масалан: карбонати калсий бо кислотаи хлорид таъсир карда, хлориди калсий, об ва диоксиди карбонро ҳосил мекунад.

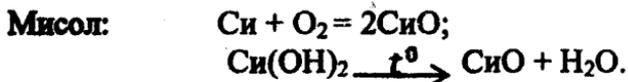
Чунин фаҳмонидани муодилаи додашудаи химиявӣ танҳо ҷиҳати сифатии реаксияро фаҳмонда, албатта нопурра мебошад. Фаҳмондадихӣ он вақт пурра мешавад, ки вай на танҳо ҷиҳати сифатӣ, балки ҷиҳати миқдории реаксияро ҳам нишон диҳад. Тавсифи миқдории реаксияро бошад, бо якчанд воҳидҳои ифода намуда мумкин аст:



1. Адади молекулаҳо	1	2	1	1	1
2. Адади воҳ. карбонӣ (в.с.)	100	73	111	18	44
3. Адади молҳо	1	2	1	1	1
4. Адади граммҳо (г)	100	73	111	18	44
5. Адади киллограммҳо /кг/	100	73	111	18	44
6. Адади тоннаҳо /т/	100	73	111	18	44

## 1.19. ҚОНУНИ ДОИМИЯТИ ТАРКИБИ МОДДАҶО

Асосгузори қонуни доимияти таркиб олими франсуз Пруст мебошад. Вай дар асоси таҷрибаҳои бисёре ба илм ин қонунро пешниҳод намуд, ки мувофиқи он: ҳар як моддаи тоза новобаста ба усулҳои ҳосил карда шуданаш таркиби доимӣ ва тағйирнаёбанда дорад.

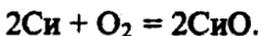


Яъне оксиди мисро  $\text{SiO}$  бо кадом усуле, ки ҳосил накунем таркибаш аз як атом мис ва як атом оксиген иборат аст, яъне дар таркиби оксиди мис (II) ба чоряк ҳиссаи массаи мис як ҳиссаи массаи оксиген рост меояд. Дар ин ҷо сухан танҳо дар бораи таркиби миқдорӣ рафта, дар бораи таркиби сифатӣ хотиррасон карда намешавад. Ин аз он сабаб буд, ки дар ҳамон вақт дар бораи таркиби сифатии моддаҳои химиявӣ ҳеҷ гуна нобовариҳо набуданд. Оид ба таркиби миқдорӣ бошад, қариб 8 сол дар байни олимони Бертолле ва Пруст баҳсу мубоҳиса мерафт. Бертолле баръакси Пруст чунин ҳисоб мекард, ки таркиби миқдории моддаҳои тоза доимӣ нестанд. Умуман баҳсу мубоҳиса асосан дар бораи он мерафт, ки таркиби моддаҳо бефосила тағйир меёбад, ё ҷаҳишмонанд тағйир меёбад. Бертолле тарафдори ақидаи яқум буда, Пруст бошад, ақидаи дуумро муҳофиза мекард. Таҷрибаҳои минбаъда нисбатан дуруст будани ақидаи Прустро нишон доданд. Яъне миқдори яхелаи атомҳои яхела таркиби сифатӣ ва миқдори доимию медиҳанд. Ин қонун дар инкишофи илми химия хеле ҳам нақши калон бозид. Таъсири мусбии он махсусан барои инкишофи таълимоти атомию молекулавӣ калон аст. Қонуни доимияти таркиби моддаҳо аҳамияти калони амалӣ низ дорад: ҳамаи ҳисобҳои бо формулаҳои химиявӣ иҷрошаванда ба ин қонун асоснок кунонида шудааст.

Дар аввалҳои асри ХХ академик Н.С. Курнаков моддаҳои таркибашон тағйирёбандаро кашф намуд, ки онҳо мавҷеи мобайнии пайвастагиҳои таркиби доимӣ дошта ва маҳлулҳои сахтро ишғол мекунад. Н.С. Курнаков ин гуна пайвастагиро ба шарафи Бертолле, ки мавҷудияти онҳоро пешгуӣ карда буд, бертоллидҳо номид. Бояд қайд кард, ки масъалаи бертоллидҳо ҳоло ҳам мукамал омукта нашудааст.

## 1.20. ҚОНУНИ НИГОҲДОРИИ МАССАИ МОДДАҲО

Дар асоси таҷрибаҳои бисёре маълум карда шудааст, ки моддаҳо дар натиҷаи реаксияҳои химиявӣ нест намешаванд ва онҳоро боз ба намуди тоза ҷудо кардан мумкин аст. Масалан, мис дар ҳаво сӯхта, оксиди мисро ҳосил мекунад:



Агар оксиди ҳосилшударо дар атмосфераи гидроген дошта гарм кунем, боз миси тоза ҳосил мешавад:



Аввалҳо танҳо ба тағйиротҳои сифатии реаксияҳои химиявӣ диққат медоданду тамом. Танҳо аз солҳои 50-ум асри XVIII сар карда, баъд аз корҳои олими рус М. В. Ломоносов, ба тағйиротҳои миқдорӣ реаксияҳои химиявӣ низ диққат меодагӣ шуданд. М. В. Ломоносов дар ҳамон вақт барои корҳои худ тарозуҳоро истифода мебардагӣ шуд, ки бо ёрии онҳо миқдори моддаҳои барои реаксияи гирифташударо ба миқдори моддаҳои баъди реаксия ҳосилшуда муқоиса менамуд. Ҳамин тавр, аз натиҷаҳои бисёри корҳои амалии худ ба чунин хулоса омад, ки массаи ҳаво ва металл дар зарф то тафсонидан ба массаи маҳсулоти ҳосилшудаи реаксия ва ҳавои ба реаксия дохилшуда баробар аст. Дар асоси ҳамин гуна таҷрибаҳои зиёд М. В. Ломоносов қонуни нигоҳдории массаи моддаҳоро кашф намуд. Мувофиқи ин қонун: «Массаи моддаҳои ба реаксия

дохишшуда, ба массаи моддаҳои дар натиҷаи реаксия ҳосилшуда баробар мебошад».

Гарчанде баъзе олимон ба ҳақиқати ин қонун бовар накарда бошанд ҳам, лекин қорҳои эсперименталии (таҷрибавии) минбаъдаи олимон ҳақ будани қонуни пешниҳодкардаи М. В. Ломоносовро исбот намуданд. Яке аз ҳамин гуна олимон Ландолт ва Стас буданд. Онҳо ба қонуни кашф кардаи М. В. Ломоносов бовар накарда, ин нобовариро ба мукамал набудани тарозуҳои давраи М. В. Ломоносов асоснок мекунонданд.

Лекин таҷрибаҳои бисёре, ки ин олимон, алаҳхус Ландолт, дар тарозуҳои ҳасоснокиашон баланд гузарониданд (тарозуҳои то 0,00001г - ро чен мекардагӣ), дуруст будани қонуни нигоҳдории массаи моддаҳо, дар вақти реаксияҳои химиявӣ, нишон додаанд.

Дар асоси таълимоти атомию молекулавӣ ин қонунро чунин фаҳмонидан мумкин. Дар натиҷаи реаксияҳои химиявӣ атомҳо нест намешаванд ва ба амал намеоянд, танҳо аз як молекулаҳо ба молекулаҳои дигар мегузаранд.

Қонуни нигоҳдории массаи моддаҳо, яке аз қонунҳои асосии табиат мебошад. Вай исбот мекунад, ки ҳеҷ чиз тамоман нест намешавад ва аз сари нав ба амал намеояд. Вай исбот мекунад, ки материя доимо вучуд дорад ва вучуд хоҳад дошт, танҳо аз як шакл ба шакли дигар табдил меёбад. Дар асоси ин қонун миқдори моддаҳо, ки барои ҳосил намудани моддаи муайян сарф мешавад, ҳисоб мекунанд, аз руи муодилаи реаксияҳои химиявӣ ҳисоббарориҳо мекунанд.

## 1.21. ҚОНУНИ НИСБАТҲОИ КАРАТӢ (ЯКЛУХТ)

Кашф карда шудани ин қонун яке аз тағйиротҳои қалонтарин дар таърихи илми химия мебошад. Ҷиҳати махсуси ин қонун аз он иборат аст, ки агар қонунҳои доимияти таркиб ва эквивалентҳо дар асоси таҷрибаҳо кашф карда шуда бошанд, вай аз ҷиҳати назариявӣ пешбинӣ карда шуда буд ва баъд амалан

исбот шудааст. Асоси ин қонун аз он иборат аст, ки вай моҳияти ҳосилшани пайвастагиҳои химиявиро аз нуқтаи назари пешрави илм ва нисбатан реалӣ нишон медиҳад. Бинобар он кашф карда шудани қонуни нисбатҳои каратӣ таълимоти навтарин дар бораи часпиши атомҳо дар вақти ҳосилшани молекулаҳои пайвастагиҳои нав мебошад. Ин қонунро инчунин таълимоти атомӣ-химиявии нав ҳам меноманд, ки асосгузори он Д. Далтон мебошад.

Бояд қайд кард, ки ибтидои таълимоти қонуни нисбатҳои каратӣ ба ақидаи Бертолле оид ба пайвастагиҳои химиявӣ монанд аст. Далтон ҳам ба монанди Бертолле чунин ҳисоб мекард, ки ҳамаи моддаҳои содда ва мураккаб аз зарчаҳои хурдтарин-атомҳо иборатанд. Ба монанди қувваи баҳамтаъсиркунии байни молекулаҳо қувваи боҳамтаъсиркунии атомҳоро дар молекула низ ба ду гуруҳ (кашиш ва теладиҳӣ) тақсим намуда, чунин мешуморид, ки якҷоя амал намудани ин қувваҳо ҳосиятҳои физикавӣ ва химиявии моддаҳоро муайян мекунад.

Бо вучуди он Далтон дар натиҷаи гузаронидани таҳлили бисёре ба хулосаи Бертолле дар бораи бифосила тағйирёбии қувваҳои қаробатии химиявӣ ҳамроҳ нашуд. Далтон ба чунин хулоса омад, ки пайвастагиҳои химиявӣ дар асоси қувваҳои пурзури кашиши атомҳо ва ҳосилшавии ҳиссаҷаҳои нав, ки нақши воҳидҳои нави химиявиро мебозанд, ҳосил мешаванд.

Мувофиқи ин таълимот омехтаҳои механикӣ ва пайвастагиҳои химиявӣ бо қувваи заифи бо ҳамтаъсиркунии атомҳо фарқ мекунанд. Ба қонунҳои нисбатҳои каратӣ, мувофиқи таълимоти Далтон, чунин таъриф додан мумкин аст: агар ду элемент байни худ якҷанд пайвастагӣ ҳосил кунанд, он гоҳ миқдори массаи як элемент, ки бо як миқдори массаи муайяни дигар элемент пайваст мешавад, нисбат ба якдигар ҳамчун ададҳои бутун мебошанд: 1:1; 1:2; 1:3 ва ғайраҳо.

Ин қонунро бо ёрии оксидҳои нитроген чунин фаҳмонидан мумин (Ҷадвали 1).

**Амали қонуни нисбатҳои каратӣ (яқлукт) дар мисоли оксидҳои нитроген**

Номҳои оксидҳо	Таркиби оксидҳо, %		Нисбати қисми массаи O <sub>2</sub> ба 1 қисми массаи N <sub>2</sub>	Таркиби нисбатҳои массаи оксиген
	нитроген:	оксиген		
Оксиди нитроген /I/	63,7	36,3	0,57	1
Оксиди нитроген /II/	40,7	53,3	1,14	2
Оксиди нитроген /III/	36,8	63,2	1,71	3
Оксиди нитроген /IV/	30,4	69,6	2,28	4
Оксиди нитроген /V/	25,9	74,1	2,85	5

**1.22. ҲАҶМИ МОЛИИ ГАЗ. ҚОНУНИ АВОГАДРО**

Маълум аст, ки алоқамандии ҳаҷм, масса ва зичии қисм бо қонуни чунин муодила ифода меёбад:

$$V = \frac{M}{d}$$

Дар ин ҷо  $M$  – массаи молии газ,  $d$  – массаи 1 литри он дар шароити муқаррарӣ,  $V$  – ҳаҷми молии газ дар ҳамон шароити мӯдашуда. Аз ин ҷо маълум аст, ки барои ҳисоб кардани ҳаҷми 1 мол газ дар шароити муқаррарӣ бояд массаи молии он ба зичии муқаррарӣ тақсим карда шавад. Барои газҳои гуногун чунин муодилаҳо ёфта шудааст:

$$V_{H_2} = 2.016 \text{ г} : 0,089 \text{ г/л} = 22,4 \text{ л};$$

$$V_{N_2} = 28 \text{ г} : 1,25 \text{ г/л} = 22,4 \text{ л};$$

$$V_{O_2} = 32 \text{ г} : 1,429 \text{ г/л} = 22,4 \text{ л};$$

$$V_{CO_2} = 44 \text{ г} : 1,96 \text{ г/л} = 22,4 \text{ л}.$$

Аз мисолҳои овардашуда ба чунин хулоса омадан мумкин, ки: 1 мол газҳои гуногун дар шароити муқаррарӣ як ҳел ҳаҷмро, ки ба 22,4 литр баробар аст, ишғол менамоянд. Бузургии 22,4-ро ҳаҷми молии газҳо дар шароити муқаррарӣ меноманд.

Дар боло қайд карда шуд, ки дар як мол моддаҳои гуногун миқдори якхелаи молекулаҳо мавҷуданд. Бинобар он гуфтан мумкин аст, ки дар 22,4 л газҳои гуногун, дар шароити муқаррарӣ, бояд миқдори якхелаи молекулаҳо мавҷуд бошанд. Дар вақти тағйир ёфтани шароити беруна ҳаҷмҳои якхелаи газҳои гуногун як ҳел тағйир меёбанд, бинобар он ин ҳодиса хулосаи дар боло навишташударо исбот мекунад, яъне: дар ҳаҷмҳои якхелаи газҳо дар шароитҳои якхела адади якхелаи молекулаҳо мавҷуданд. Ин қонун дар аввалҳои асри XIX аз тарафи Авогадро кашф карда шудааст, бинобар онро «қонуни Авогадро» меноманд. Бояд қайд кард, ки ин қонун танҳо ба газҳо дахл дорад, ба моддаҳои моеъ ва ҳолати агрегативон сахт тааллуқ надорад.

Азбаски ҳаҷми молии кадом газе, ки набошад дар шароити муқаррарӣ бузургии доимист (22,4л), зичии мутлақи 1 л газро бо роҳи таҷрибавӣ муайян кардан мумкин.

Аз формулаи 
$$V = \frac{M}{d}$$

истифода бурда, массаи нисбии молекула ва ё массаи молии газҳои гуногунро меёбем:

$$M = 22,4 \cdot d .$$

Мисол: Массаи нисбии молекулаи газро, ки дар шароити муқаррарӣ массаи 1 литраш ба 0,76 г баробар аст муайян намоед.

Ҳалли мисол: Дар асоси формулаи  $M=22,4 \cdot d$  аввал массаи 1 мол газро меёбем:  $M=22,4 \cdot 0,76 \text{ г/л} = 17\text{г}$ . Агар массаи 1 мол газ ба 17 г баробар бошад, он гоҳ массаи нисбии молекулавиаш 17 в.а. мешавад.

Бояд қайд кард, ки массаи ягон ҳаҷми газро доништа массаи нисбии молекулавӣ ва массаи молии онро ёфтани мумкин аст.

**Мисол:** Массай нисбий молекулаи газеро, ки массай 250 мл-аш, дар шароити муқаррарӣ, ба 0,3125 г баробар аст, муайян кунед.

**Ҳалли мисол:**

1. Массай 1 мол газро меёбем.

$$250 \text{ мл} - 0,3125 \text{ г}$$

$$22400 \text{ мл} - x$$

$$X = \frac{22400 \text{ мл} \cdot 0,3125 \text{ г}}{250} = 2,8 \text{ г, ё}$$

$$M = \frac{V_m \cdot m}{V} = \frac{22400 \frac{\text{мл}}{\text{мол}} \cdot 0,3125 \text{ г}}{250 \text{ мл}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{мол}}$$

2. Массай нисбий молекулави газро меёбем, агар 1 мол модда 28 г бошад, массай нисбий молекулавиаш ҳам 28 в.а. мешавад.

Мувофиқи мисолҳои боло массай нисбий молекулаи газро дар асоси зичии мутлақи он ёфтан мумкин аст. Ин бузургиро инчунин дар асоси зичии нисбии газҳо ҳам муайян кардан мумкин аст. Дар ин ҳолат аз қоидаи зерин истифода мебаранд: массай нисбий молекулаи газҳои гуногун ба ҳосили зарби массай нисбий молекула ва нисбати зичии гази яқум бар дуюм баробар аст. Амалан аз зичии нисбий нисбат ба гидроген ( $d_H$ ) ва ҳаво ( $d_X$ ) гирифташуда, истифода мебаранд. Дар ин сурат муодилаҳои зерин, ки бо ёрии онҳо массай нисбий молекулави газро муайян мекунанд чунин намудро мегирад:

$$M = 2,016 \cdot d_H; \quad M = 29 \cdot d_X.$$

Дар ин ҷо 2,016 ва 29 массай нисбий молекулави гидроген ва ҳаво буда, ва  $d_H$  ва  $d_X$  - зичии моддаҳои таҳлилшаванда нисбат ба гидроген ва ҳаво мебошад.

**Мисол:** Массай нисбий молекулаи газеро, ки зичиаш нисбат ба гидроген ба  $d_H=14$  аст, муайян намоед.

**Ҳалли мисол:** Азбаски мувофиқи шартӣ масъала зичии газ нисбат ба гидроген дода шудааст, бинобар он аз формулаи  $M=2 \cdot d_H$  истифода мебарем. Он гоҳ  $M=2 \cdot 14=28$  мешавад.

**Мисол:** Массай нисбий молекулаи газ, ки зичиаш нисбат ба ҳаво  $dX = 1,517$  аст ба чанд баробар мешавад?

**Ҳалли мисол:** Мувофиқи шарти масъала аз муодилаи  $M = 29 \cdot dX$  истифода мебарем, он гоҳ  $M = 29 \cdot 1,517 = 44$  мешавад.

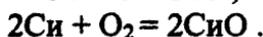
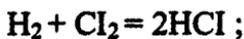
### 1.23. НАВЪҲОИ РЕАКСИЯҲОИ ХИМИЯВИ

Ҳамаи реаксияҳои мавҷударо ба чор гуруҳ тақсим мекунам: пайваستшавӣ, ҷудошавӣ, ҷойгирӣ ва муовиза.

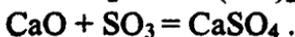
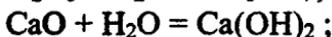
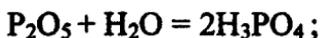
1. Реаксияҳои пайвастшавӣ гуфта, чунин реаксияҳоеро меноманд, ки дар натиҷаи онҳо аз ду ё якчанд моддаҳо як моддаи мураккаби нав ҳосил мешавад.

Бояд қайд кард, ки дар ин сурат моддаҳои сарфшаванда метавонанд содда, мураккаб ё ин ки ҳам сода ва ҳам мураккаб бошанд.

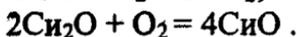
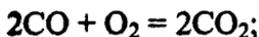
Мисолҳои реаксияи пайвастшавӣ аз ҳисоби ду моддаи содда:



Мисолҳои реаксияи пайвастшавӣ аз ҳисоби моддаҳои мураккаб:



Мисолҳои реаксияҳои пайвастшавӣ аз ҳисоби моддаҳои мураккаб ва содда:



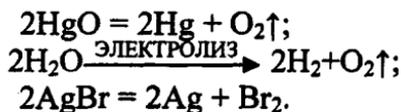
Аз мисолҳои охирин дида мешавад, ки дар натиҷаи реаксияи пайвастшавӣ валентнокии яке аз элементҳои моддаи мураккаб тағйир меёбад.

Дар ин сурат валентнокии яке аз атомҳои моддаҳои содда ҳам тағйир меёбад. Мувофиқи таълимоти атомно-молекулавӣ реаксияи пайвастшавӣ гуфта чунин реаксияро меноманд, ки дар

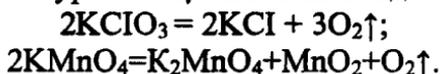
натичаи он аз атомҳо ё молекулаҳои якчанд намудҳо, молекулаҳои як намуд ҳосил мешавад.

2. Реаксияҳои ҷудошавӣ гуфта, чунин реаксияҳоеро меноманд, ки дар натиҷаи онҳо аз як модда ду ё якчанд моддаҳои дигар ҳосил мешаванд.

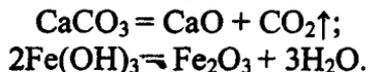
Дар натиҷаи реаксияҳои вайроншавӣ метавонанд танҳо моддаҳои содда, танҳо моддаҳои мураккаб ё ин ки якбора ҳам моддаҳои содда ва ҳам мураккаб ҳосил шаванд. Мисоли реаксияҳои вайроншавие, ки дар натиҷаи он моддаҳои содда ҳосил мешаванд:



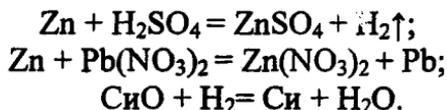
Мисоли реаксияҳои вайроншавие, ки дар натиҷаи онҳо моддаҳои содда ва мураккаб ҳосил мешаванд:



Мисоли реаксияҳои вайроншавӣ, ки дар натиҷаи онҳо моддаҳои мураккаб ҳосил мешаванд:

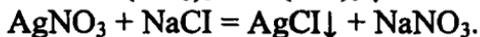
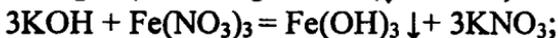
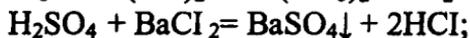
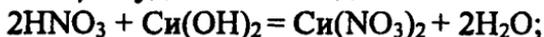


3. Реаксияҳои ҷойгирӣ гуфта, чунин реаксияҳоеро меноманд, ки мувофиқи онҳо аз моддаи содда ва мураккаби бо ҳамтаъсиркунанда, моддаҳои содда ва мураккаби нав ҳосил мешаванд:



Мувофиқи мисолҳои овардаамон дар реаксияҳои ҷойгирӣ атомҳои як элемент, ки бо намуди моддаи содда гирифта шудаанд, ҷои атомҳои дигар элементҳоро дар моддаи мураккаб мегиранд. Атомҳои элементҳои, ки ҷои худро додаанд ба намуди моддаҳои содда ҷудо мешаванд.

4. Реаксияҳои муовиза гуфта, чунин реаксияҳои менаманд, ки дар натиҷаи онҳо молекулаҳои моддаҳои мураккаб қисмҳои таркибии худро иваз мекунанд. Ба сифати мисолҳои ин гуна реаксияҳо реаксияҳои баҳамтаъсиркунии байни асосҳо, кислотаҳо ва намакҳо шуда метавонанд:



Дар ин мисолҳо чунин реаксияҳои нишон дода шудааст, ки дар натиҷаи онҳо ивазшавии атомҳо ё гуруҳҳо дар байни якдигар ҷой доранд. Масалан, гуфтан мумкин, ки дар реаксияи боҳамтаъсиркунии кислотаи нитрат ва гидрооксиди мис атомҳои мис ва водород ҷойҳои худро иваз намудаанд, ё ин ки гуруҳҳои  $\text{OH}^-$  ва  $\text{NO}_3^-$  ҷойҳои худро иваз кардаанд.

Яъне дар реаксияҳои муовиза ҳам атомҳо ва ҳам гуруҳҳои таркиби молекулаҳо метавонанд ҷойҳои худро иваз кунанд.

## 1.24. ШАРОИТҲОИ БА АМАЛ ОМАДАН ВА РАВАНДИ РЕАКСИЯҲОИ ХИМИЯВӢ

Бешубҳа реаксияҳои химиявӣ худ аз худ намегузаранд. Барои ба амал омадан ва раванди онҳо шароитҳои махсус лозим аст. Шароити аз ҳама зарур ва муҳимтарини ба амал омадан ва равиши реаксияҳои химиявӣ – ин боҳамрасии моддаҳои боҳамтаъсиркунанда мебошад.

Бояд қайд кард, ки сатҳи боҳамрасии моддаҳо дар натиҷаи майда кардани онҳо меафзояд. Аз ин ҷиҳат шароити мувофиқтарини боҳамтаъсиркунии моддаҳо – маҳлулҳои ҳақиқӣ мебошанд. Дар ин ҳолат боҳамрасии ҳуди электролитҳо: маҳлули намакҳо, кислотҳо, ишқорҳо (ба шакли ионӣ) ва ғайриэлектролитҳо, асосан моддаҳои органикӣ (ба шакли молекулавӣ), ба амал меояд.

Бинобар он боҳамтаъсиркуниҳои комил асосан дар маҳлулҳо дида мешаванд.

Дар амалия на танҳо далели (факти) ба амал омадани реаксияҳои химиявӣ, инчунин суръати он ҳам хеле аҳамияти калон дорад. Суръати реаксияҳои химиявиро бо миқдори моддаҳо, ки дар ягон воқиди вақт дар ҳаҷми додашуда сарф шудаанд, ё ҳосил шудаанд, чен мекунанд. Дар байни дараҷаи майдагии модда ва суръати реаксия таносуби рост мавҷуд аст.

Агар реаксия дар байни моддаҳои сахт ва газшакл гузарад, дараҷаи майдагии модда то ба ҳудуди муайян расонида мешавад. Агар моддаи сахт аз ҳад майда бошад, суръати реаксия суст шуданаш мумкин. Ин ҳодиса аз он сабаб ба амал меояд, ки моддаи сахти аз ҳад майда кардашуда массаи сахтро ҳосил намуда, сатҳи дохилиаш ба газ вонамехурад (газ ба дохили масса даромада наметавонад).

Баъзан барои ибтидои реаксия зарур аст, ки моддаҳои сарфшаванда гарм карда шаванд. Гармкунии имконият медиҳад, ки бандҳои валентии байни атомҳо суст шаванд ва дар натиҷа фаолияти онҳо зиёд шавад.

Баъзан дар натиҷаи боҳамтаъсиркунии моддаҳо энергия ҷудо шуданаш мумин аст (одатан бо намууди гармӣ). Ин гармии ҳосилшуда ҳам имоният медиҳад, ки суръати баҳамтаъсиркунии молекулаҳо зиёд шавад. Одатан ин гуна реаксияҳо, ки барои ибтидоашон гармкуниро талаб мекунанд, баъд аз ибтидои реаксия худашон бо хоричшавии гармӣ гузаштанашон мумкин.

Аммо бисёр реаксияҳои мавҷуд аст, ки гарм карданро талаб намекунанд ва худашон бо хоричшавии гармӣ мераванд (реаксияҳои нейтрализатсия, гидрататсияи оксидҳо, баҳамтаъсиркунии намакҳо ва кислотаҳо).

Чуни реаксияҳои, ки бо хоричшавии энергия ба амал меоянд, реаксияҳои экзотермӣ номида мешаванд. Ин гуна реаксияҳоро дар амалия асосан барои ҳосил намудани гармӣ, энергияи электрикӣ ва ғайраҳо истифода мебаранд.

Аксаран барои ибтидо ва равиши реаксияҳои химиявӣ зарур аст, ки доимо энергияи гармӣ ё электрикӣ сарф карда

шавад. Масалан, реаксияҳои вайроншавии оксиди симоб ва намакҳои кислотаи карбонат танҳо аз таъсири гармӣ, вайроншавии об бошад аз таъсири ҷараёни электрикӣ ба амал омаданаҷ мумкин.

**Ҷунин реаксияҳое, ки бо фурубарии энергия ба амал меоянд, реаксияҳои эндотермӣ номида мешаванд.**

Суръати реаксияҳои химиявӣ дар газҳо асосан ба фишор вобаста аст. Масалан, нитроген ва гидроген дар фишори муқаррарии атмосферӣ ниҳоят суст ба реаксия рафта, миқдори ками аммиакро ҳосил мекунанд, вале агар фишорро то ба 10 ат. расонем, суръати реаксияи ҳосилшавии аммиак қариб 100 маротиба меафзояд. Моҳияти ин ҳолат аз он иборат аст, ки бо баландшавии фишор масофаи байни молекулаҳои боҳамтаъсиркунанда кам мешавад (қонуни Бойль-Мариот). Дар натиҷа дар ҳар як воҳиди ҳаҷм миқдори молекулаҳо афзуда, консентратсияи баланд мешавад, имонияти боҳамвохурии онҳо зиёд мегардад, ки вай ба зиёд ҳосилшавии аммиак оварда мерасонад.

Ғайр аз ин маълум аст, ки агар ба муҳити ду моддаи боҳамтаъсиркунанда ё суст таъсиркунанда, моддаи сеюмро дохил кунем, суръати реаксияи боҳамтаъсиркунӣ тағйир меёбад ва ин моддаи сеюм дар охири реаксия аз ҷиҳати химиявӣ бетағйир мемонад. Масалан, дуоксиди сулфур ва оксиген бо ҳам хеле суст таъсир мекунанд, лекин агар бо муҳити ин реаксия дуоксиди нитроген дохил кунем, суръати реаксия якҷанд маротиба меафзояд.

Ғайр аз моддаҳои суръати реаксияро тезонанда, инчунин моддаҳои мавҷуд аст, ки ин суръатро суст мекунанд. Масалан, сафедаи тухми мурғ дар шароити муқаррарӣ бо тези вайрон мешавад, лекин агар ба вай якҷанд кристаллҳои тимол илова намоем тухм то муддати тулонӣ ҳосиятҳои худро нигоҳ дошта, вайрон намешавад.

Ҳамин тавр, баъзе моддаҳо суръати реаксияҳои химиявиро метезонанд, баъзеашон баръакс суст мекунанд, дар ҳар ду сурат ҳам ин моддаҳо аз ҷиҳати химиявӣ бетағйир мемонанд.

Моддаҳоеро, ки суръати реасияҳои химиявиро тағйир дода, худашон дар охири реаксия аз ҷиҳати химиявӣ бетағйир мемонанд, катализаторҳо меноманд. Катализаторҳои суръати реасияро баландкунанда – мусбӣ ва пасткунанда – манфӣ ё ингибитор номида мешаванд.

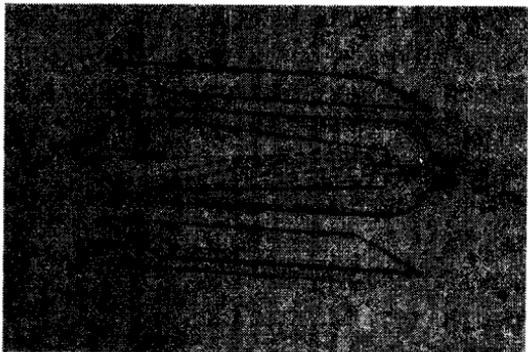
Дар бораи суръати реаксияҳои химиявӣ ва омилҳои ба онҳо таъсиркунанда мо дар бобҳои алоҳида мукаммалтар сухан меронем.

## 2.1. ТАҶРИБАҶОЕ, КИ МУРАККАБИИ СОХТИ АТОМРО НИШОН МЕДИҶАНД

Дар охири асри XIX омухтани разрядҳои электрикӣ дар газҳо нишон дод, ки атом ҳиссаҳои тақсимшаванда мебошад.

Дар соли 1879 У.Крукс чунин таҷрибаро гузаронд. Аз найчаи шишагини ба ҳар ду тарафаш электродҳои металлӣ пайваст карда шуда ҳаворо кашида гирифта, фишорро то ба 0,01 мм сутуни симобӣ расонид. Ба электродҳо ҷараёни электрикӣ шиддаташ баландро пайваст намуда, дар найча пайдошавии шуои сабзчатобро мушоҳида кард. Равшани дар натиҷаи шуобарории ба ҷашм ноаён, ки аз тарафи электроди манфӣ ҳосил мешавад, ба амал омадааст. Ин шуоҳо ҳамчун нурҳои катодӣ ном гирифтанд.

Дар вақти омухтани хосияти ин нурҳо маълум шуд, ки онҳо метавонанд ба лавҷачаи аксбарорӣ (фотографӣ) таъсир намуда, ҳатто ғалтакчаро ба ҳаракат оваранд. Дар майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ нурҳои катодӣ аз роҳи ростии худ майл мекунанд. Аз он ҷумла дар майдонҳои электрикӣ ин нурҳо ба тарафи электроди заряди мусбат дошта майл мекунанд (расми 2). Ҷисмҳои саҳт дар зери таъсири нурҳои катодӣ заряднок мешаванд.



Расми 2. Майлкунии нурҳои катодӣ ба тарафи лавҷачаи мусбат заряднок

Дар натиҷаи ҳаматарафа омухтани хосиятҳои нурҳои катодӣ маълум карда шуд, ки онҳо сели тезҳаракаткунандаи ҳиссаҳои манфӣ зарядноканд ва заряди ҳар яки онҳо ба  $4,8 \cdot 10^{10}$  (воҳиди электростатикӣ заряд) баробар аст. Массаяи ин

ҳиссаҷаҳо нисбат ба массаи атоми гидроген тахминан 1840 маротиба камтар буда, 0,00055 в.а.-ро ташкил медиҳад.

Дар соли 1897 Ч.Ч.Томсон ҳамаи маълумотҳои мавҷуд бударо оид ба нурҳои катодӣ ҷамъбаст намуда, ба чунин хулоса омад, ки онҳо ҳиссаҷаҳои манфӣ зарядноканд ва ҳаҷми хеле хурдро ишғол мекунанд. Томсон бо тақлифи физики англис С.Тоней нурҳои катодиро **электронҳо** номид.

Катодро аз маводҳои гуногун тайёр карда, пайдошавии нурҳои катодиро мушоҳида кардан мумкин аст. Ин таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки электронҳо ба таркиби атомҳои элементҳои гуногун дохиланд.

Электронҳо на танҳо дар найчаҳои аз ҳаво холи карда шуда ҳосил мешаванд, балки бисёр моддаҳо аз таъсири шуъҳои ултрабунафшӣ ё рентгенӣ ҳам электронҳоро хориҷ карда метавонанд. Металлҳои ишқорӣ бошанд ҳатто бо таъсири шуъи офтоб ҳам электронҳоро берун мекунанд. Ҷудошавии электронҳоро инчунин дар натиҷаи гарм кардани металлҳо ҳам мушоҳида кардан мумкин аст.

Агар сели электронҳо дар роҳи худ ба монеа вохуранд, он гоҳ дар натиҷаи бо ҳам барҷурӣ шуъҳои ба амал меоянд, ки онҳоро нурҳои рентгенӣ меноманд. Дар расми 3 ба таври схемагӣ найчаи рентгенӣ нишон дода шудааст. Катоди К дар вақти гармкунӣ электронҳоро берун мекунад, ки дар зери таъсири шиддати баланди электрикӣ бо суръати тез ба тарафи аноди А равон мешаванд.



Расми 3. Пайдошавии нурҳои рентгенӣ

Ҳангоми барҷурии электронҳо ба анод (антикатод) нурҳои рентгенӣ пайдо мешаванд. Ин нурҳо самти худро дар майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ дигар мекунанд. Дарозии мавҷи онҳо аз нурҳои электромагнитӣ дида кутохтаранд.

Нурҳои рентгенӣ қобилият доранд, ки газҳоро заряднок кунанд. Дар зери таъсири нурҳои рентгенӣ қисми молекулаҳои электронейтралӣ газҳо электронҳои худро гум карда ба ионҳои дорои заряди мусбат табдил меёбанд. Қисми дигари онҳо электронҳоро ба худ пайваस्त карда, ионҳои заряди манфидорро ҳосил мекунанд.

Ҳамаи ин ҳодисаҳо мураккабии сохти атомро тасдиқ мекунанд. Қобилияти электролитҳо, ки дар шакли маҳлул ва ғудохта ҷараёни электрикиро мегузаронанд, инчунин исботи мураккабии сохти атом шуда метавонад.

Барои инкишофи минбаъдаи таълимот оид ба мураккабии сохти атом кашфиёти ҳодисоти радиоактивӣ хеле аҳамияти калон дошт.

Олими франсуз А. Беккерель мушоҳида кард, ки пайвастагиҳои уран манбаи шуоъбарорие мебошанд, ки бо лавҳачаи фотографӣ таъсир мекунанд, ҳаворо ионнок намуда ва аз қабати ҷисмҳои ношаффоф мегузаранд.

Мария Складовская-Кюри ва Пьер Кюри тадқиқоти Беккерелро давом дода, дар маъдани уран ду элементи нав – радий ва полонийро кашф намуданд, ки онҳо қобилияти шуоъбарории баландро соҳибанд. Қобилияти шуоъбарорӣ инчунин барои элементҳои торий, актиний ва як қатор элементҳои дигар ҳам мушоҳида карда мешавад. Исбот карда шуд, ки дараҷаи шуоъбарорӣ ба миқдори элементҳои онро хоричкунанда мутаносиби рост мебошад. Бинобар он гуфтан мумкин, ки ҳодисоти радиоактивӣ – ҳосияти атомҳои ин элементҳо мебошад ва мураккабии онҳоро нишон медиҳад.

## 2.2. МОДЕЛҲОИ СОХТИ АТОМ

Ҳосиятҳои атомро дар назар дошта ба чунин ҳулоса омадан мумкин аст, ки вай бояд аз қисми мусбат зарядноке иборат буда, ин заряди мусбат бо заряди манфии электронҳо нейтрал кунонида шавад.

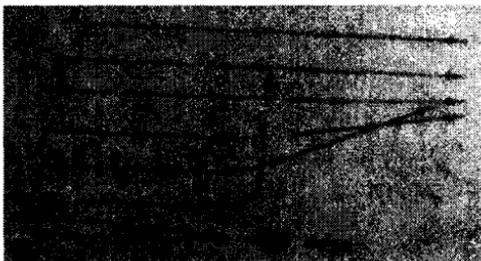
Дар асоси тадқиқотҳои гузаронида шуда соли 1903 олим англис Томсон аввалин шуда модели сохти атомро пешниҳод намуд. Мувофиқи ин модел заряди мусбати атом дар тамоми атом паҳн шуда ва аз тарафи электронҳо, ки бо ин «баҳри элетрикии мусбат» часпида гирифтаанд, нейтрал кунонида мешаванд. Аммо ин таълимот дер ҳукмронӣ накард, чунки дар асоси таҷрибаҳои Резерфорд бе асос будани он исбот карда шуд.

Резерфорд дар асоси таҷрибаҳои худ соли 1911 ба чунин хулоса омад, ки заряди мусбати атом дар тамоми атом паҳн набуда, балки дар қисми муйяни он ҷамъ шудааст, ки баъдтар он қисми ядроӣ атом номиданд.

Резерфорд роҳи ҳаракати  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳоро дар асоси бомбаборон намудани лавҷачаи тиллогини ғафсиаш 0,0005 мм омехт. Дар асоси ин таҷриба исбот кард, ки қисми бисёри  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо аз қабати лавҷача гузашта ҳаракати ростӣ худро давом медиҳанд. Як қисми  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо самти ростӣ ҳаракати худро дигар мекунанд, қисми дигари онҳо тамоман ба қафо бармегарданд. Ин ҳодисот бо номи тақсимшавии  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо маълум аст (расми 4). Ин гуна рафтори  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳоро чунин фаҳмонидан мумкин аст: онҳо ҳангоми аз қабати лавҷачаи металлӣ гузаштан дар роҳи худ бо ҳиссаҷаҳои мусбат зарядноки атом – ядроӣ он вохурда самти ҳаракати худро дигар месозанд.

Азбаски танҳо қисми ками  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо ба қафо бармегарданд, бинобар он хулоса бар меояд, ки андозаи ядро нисбат ба андозаи атом дида хеле ҳама хурд аст.

Агар фарз кунем, ки ядро ва атом шакли курурро доранд, он гоҳ радиуси атом тахминан ба  $10^{-8}$  см ва радиуси ядро тахминан ба  $10^{-13}$  см баробар мешаванд. Яъне ядроӣ атом ҳамагӣ



Расми 4. Таҷрибаи Резерфорд оид ба ҳаракати  $\alpha$ - ҳиссаҷаҳо

$\frac{1}{10^{15}}$  ҳиссаи ҳаҷми ҳуди атомро ишғол менамояд. Аз ин ҷо

ҳаҷми атом ба  $\frac{4}{3}\pi \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$  ва ҳаҷми ядро  $\frac{4}{3}\pi \cdot 10^{-39} \text{ см}^3$  баробар

мешавад.

Вазни хоси ядрои атомҳо хеле бузург аст. Ҳисоб карда шудааст, ки агар  $1 \text{ см}^3$  ядроҳо ҷамъ оварда шавад, массаи онҳо ба 1,16 миллион тонн баробар хоҳад шуд.

Дар асоси ин таҷрибаҳо Резерфорд чунин модели сохти атомро пешниҳод намуд, ки мувофиқи он ядро дар маркази атом ҷойгир шуда, электронҳо бошанд дар атрофи ядро бо орбитаҳои махсус давр мезананд, ки он ба даврзании сайёраҳо дар атрофи офтоб монанд аст. Дар ин ҳолат заряди умумии электронҳо бо заряди ядро баробарқиммат кунонида шудааст, бинобар он атом дар ҳолати электронейтралӣ мемонад.

Ин асосноккунии аввалини эксперименталии модели сохти атом буд. Дар ҳамин асос якумин маротиба ба илм тасаввуроти дурусте оид ба ядрои атом дохил кунонида шуд.

Аммо бисёр далелу рақамҳои минбаъд дар амалия пайдо шударо дар асоси ақидаи Резерфорд фаҳмонидан имконнопазир шуд. Масалан, мувофиқи қонунҳои электродинамикии классикӣ, электрон ҳамчун ҳиссаҳои зарядноки электрикӣ, бояд дар вақти дар атрофи ядро давр задан, мавҷҳои электромагнитиро хориҷ намуда, дар ин ҳолат энергия хориҷ кунад. Агар ҳамин тавр мебуд, он гоҳ пай дар пай камшавии энергия орбитаи электронро бо ядро наздик мекард. Дар ин ҳолат баъди чанд муддат электрон тамоман энергияи худро хориҷ намуда, ба ядро афтиданааш мумкин аст, ки дар натиҷа нурбарориаш қатъ мешавад. Дар амал бошад ба ядро афтидани электронҳо руй намедихад.

Ғайр аз он дар натиҷаи пай дар пай давр задани электрон дар орбита бояд пай дар пай тағйирёбии зудии нурбарорӣ ҷой дошта бошад. Амалия нишон медиҳад, ки спектрҳои оптикӣ

сохтори хатгӣ ва қатънашаванда доранд, ки он ба бузургии муайяни зудӣ хос мебошад.

### 2.3. ЭЛЕКТРОНҲО ВА МАВҶЕИ ОНҲО ДАР АТОМ

Қадами минбаъда дар инкишофи таълимот оид ба сохти атом – корҳои олими даниягӣ Нильс Бор мебошад. Нильс Бор аз назарияи квантии нурбарорӣ истифода бурда, модели сохти атоми соддатарин – атоми гидрогенро пешниҳод намуд. Мувофиқи ин назария, электронҳо дар атрофи ядро танҳо бо орбитаҳои муайян давр мезананд. Кадом орбитаро ишғол кардани электронҳо ба энергияи атом вобаста аст. Дар ҳолати асосӣ (барангехтанашуда) атом дорои энергияи камтарин мебошад ва электрон дар орбитаи ба ядро наздиктарин давр мезанад. Дар ин ҳолат электрон бо ядро нисбатан мустақкам кашида мешавад. Агар атом энергияи иловагиро қабул кунад, вай аз ҳолати асосӣ ба ҳолати барангехта мегузарад. Дар ин сурат электрон ба яке аз орбитаҳои аз ядро дуртар мегузарад.

Ҳамин тавр энергияи электронӣ дар ҳолати барангехта будаи атом, нисбат ба ҳолати асосии он дида зиёдтар аст. Ҳолати барангехтаи атом дар давом намекунад, вай танҳо дар муддати аз миллион як ҳиссаи сония давом карда, баъд аз он электрон ба орбитаи аввалаш бармегардад. Дар ин ҳолат энергия бо шакли нурҳои электромагнитӣ аз атом берун мешавад.

Мувофиқи таълимоти Бор тағйирёбии энергияи атом танҳо дар сурате ба амал меояд, ки агар электрон аз як орбита ба орбитаи дигар гузарад. Агар электрон доимо дар як орбита давр занад, дар ин сурат хориҷшавӣ ва ё фурубарии энергия мушоҳида карда намешавад. Дар атоми дар ҳолати асосӣ буда, электрон метавонад муддати дароз давр занад. Ин онро нишон медиҳад, ки чунин атом системаи устувор мебошад.

Дар ҳолати аз орбитаҳои аз ядро дур ба орбитаҳои бо ядро наздик баргаштани электрон энергияи нурҳои хориҷшуда (афшоншуда) бефосила тағйир наёфта, балки бо порсияҳои муайян – квантҳо тағйир меёбад. Бузургии энергияи квантӣ аз

зудии нур  $\vartheta$  (нью) ва дарозии мавҷи  $\lambda$  (лямда) чунин вобастагӣ

дорад: 
$$\Delta E = E_1 - E_2 = h \vartheta = h \frac{C}{\lambda}.$$

Дар ин ҷо  $E_1$  ва  $E_2$  мувофиқан энергияи атом дар ҳолатҳои 1 ва 2,  $h$  - доимии Планк ( $h = 6,625 \cdot 10^{-27}$  эрг/сония) ва  $C$ -суръати ҳаракати рушной ( $C = 2,998 \cdot 10^{10}$  см/сония) мебошанд.

Дар ҳамин асос Н. Бор чунин постулатҳои худро пешниҳод намуд:

1. Электронҳо дар атом дар орбитаҳои муайяни статсионарӣ ҳаракат мекунанд;
2. Электронҳо дар орбитаҳои статсионарӣ давр зада истода, энергия хориҷ намекунанд ва захираи умумии энергияи онҳо бетағйир мемонад;
3. Дар сурати гузаштани электрон аз орбитаҳои дуртар ба орбитаҳои ба ядро наздиктар, вай як қисми энергияи худро ба шакли нурҳои элетромагнитӣ гум мекунад, яъне  $E_1$  (орбитаи дур) -  $E_2$  (орбитаи наздик) =  $h\vartheta$ .

Моделҳои атоми гидроген, ки аз тарафи Н. Бор дар асоси постулатҳои боло пешниҳод карда шуда буд, имконият дод, ки баъзе хосиятҳои ин элемент, аз он ҷумла хусусияти хаттӣ доштани спектри он, фаҳмида шавад.

Бояд қайд кард, ки гузаштани электронҳо аз як орбитаи статсионарии худ ба орбитаи дигар, атомро ба ҳолати барангехтагӣ меоварад. Дар ин ҳолат атом соҳиби энергияи нисбатан калон мешавад ва бинобар он ноустувор аст. Чунин ҳолати барангехтаи атом ҳамагӣ аз миллионҳо як қисми сония давом мекунад ва атом зуд ба ҳолати аввалии устувори худ бармегардад. Дар вақти баргаштани электрон ба орбитаи аввалии худ, атом нурҳои элетромагнитиро берун мекунад. Бузургии энергияи ин нурҳо ба рақами орбитае вобаста аст, ки электрон дар он ҳолати барангехтагии атомро нишон медиҳад. Чи қадар, ки электрон дар ҳолати барангехтаи атом аз ядро дур ҷойгир бошад, дар вақти ба орбитаи аввалии худ баргаштан ҳамон қадар зиёд энергия хориҷ мешавад.

Нурҳои элетромагнитие, ки дар натиҷаи ба орбитаҳои дигар гузаштани электронҳо хориҷ мешаванд ё фуру бурда мешаванд, бо ёрии асбоби махсус – спектрограф чен карда мешаванд. Спектрҳои атомҳо яке аз нишондиҳандаҳои муҳимтарини сохти онҳо мебошанд. Ин спектрҳо вобаста ба ҳолати агрегатии моддаи тадқиқшаванда гуногун мебошанд. Спектрҳои ҷисмҳои сахт ва моеъ қатънашаванда мебошанд. Газҳо бошанд спектрҳои хаттӣ (линейчатӣ) ё раҳдорро (полосатӣ) медиҳанд. Ҳоло муайян карда шудааст, ки спектри хаттиро атомҳо ва раҳдорро молекулаҳо медиҳанд. Атомҳо ё молекулаҳои ҳар як модда спектри махсуси худро доранд, ки аз маҷмуи хатҳои муайяне иборатанд.

Спектрҳои аксарияти моддаҳо хеле ҳам мураккаб мебошанд. Масалан, спектри оҳан аз 5000 хатчаҳо иборат аст. Асбобҳои ҳассос нишон медиҳанд, ки бисёр хатҳои спектри дар атомҳо боз аз якчанд хатчаҳои ба ҳамдигар наздик ҷойгиршуда иборат мебошанд, онҳоро мултиплетҳо (хатҳои яккаратаро / – синглет, дукаратаро – дуплет ва секаратаро – триплет) меноманд.

Агар мо манбаи нурбарории атомро дар майдони магнитӣ ҷойгир кунем, парахашавии хатҳои яккарата (синглетҳо) ба амал омада, маҷмуи хатҳои наздик ба ҳам ҷойгиршуда ҳосил мешавад, ки ин ҳодисотро эффекти Зеeman меноманд.

Чунин ҳодисаро дар майдони электрикӣ ҳам دیدан мумкин, ки онро эффекти Штарк меноманд.

Омухтани спектри атомҳо нишон дод, ки гузариши электронҳо аз орбитаҳои яқум гуруҳи калони спектрҳо ро ташкил мекунад, ки онро серияи Лайман (номи олим) меноманд. Ин спектрҳо дар доираи (ҳудуд) нурҳои ултрабафш ба амал меоянд.

Гузаштани электронҳо аз орбитаҳои гуногун ба орбитаи дуюм спектрҳоеро ҳосил мекунад, ки онҳоро серияи Бельмер меноманд: онҳо спектрҳои ба чашми оддӣ дидашаванда мебошанд. Дар қисми инфрасурхи спектр бошад, гузаштани электронҳо аз орбитаҳои дигар ба орбитаи сеюм ҷой дорад.

Бешубҳа, дар вақти гузаштани электрон ба орбитаи дуртарин, миқдори энергияи фурубурдашаванда ба чунин миқдори энергияи дар вақти боз ба орбитаи аввалаи худ баргаштани электрон зарур баробар аст.

Дар атомҳои бисёрэлектрона ҳам энергияи электронро адади квантии асосӣ муайян мекунад. Аммо, чи тавре, ки маълум аст дар ин сурат дар орбитаҳои (сатҳҳои) статсионарӣ як электрон не, балки якчанд электрон ҷойгиранд, ки миқдори энергияшон тахминан як хел аст. Онҳо дар якҷоягӣ қабати квантиро ташкил медиҳанд.

Ҳамин тавр маълум шуд, ки назарияи Бор спектрҳои атоми гидрогенро хеле ҳам хуб фаҳмонда медиҳад. Аммо ҳамаи хусусиятҳои спектрҳои нисбатан мураккаби атомҳои бисёрэлектронро фаҳмонида натавонист. Дар спектрограммаҳои атомҳо аксар вақт ба ҷои як хат ду ва ё зиёда хатҳои бо ҳам наздик ҷойгиршуда (мултиплетҳо) дида мешаванд. Ин ҳодисот онро нишон медиҳад, ки дар ҳудуди як сатҳӣ энергетикӣ, ки ба адади квантии додашудаи  $n$  мувофиқ меояд, электронҳо метавонанд бо энергияи худ фарқ кунанд. Ғайр аз ин, назарияи Бор боз якчанд хусусиятҳои атомҳои бисёрэлектрондорро дуруст фаҳмонида натавонист, бинобар он зарурияти инкишоф додани назарияи Бор пайдо шуд.

Солҳои 1916-1925 Зоммерфелд (Германия) ва дигар олимони назарияи сохти атомҳои бисёрэлектронро кор карданд, ки ин корҳо инкишофи назарияи Бор буданд. Онҳо пешниҳод карданд, ки орбитаҳои статсионарӣ дар атом на танҳо доирашакл, балки эллипсшакл низ шуда метавонанд. Дар ин ҳолат андозаҳои орбитаҳо ва ҷойгиршавии онҳо дар фазо мувофиқи қоидаи квантонидан фаҳмонда мешаванд.

Дар асоси ин назария имконият пайдо шуд, ки бисёр қонуниятҳои барои спектрҳо хос буда, фаҳмонда шаванд.

Аммо бояд қайд кард, ки назарияи Бор-Зоммерфелд ҳолати ҳозираи фанро қаноатбахш кунонида наметавонад. Ин таълимот дар баробари муваффақиятҳои худ, як қатор

камбудиҳо ҳам дорад. Камбудиҳои асосии назарияи Бор-Зоммерфелд инҳо мебошанд:

1. Асоси назария қоидаи квантонидан буда, вай ба қонунҳои механика ва электродинамика мувофиқ нест.
2. Аксаран ҳисобҳои оид ба хусусиятҳои спектрҳои иҷро карда шуда, ки дар асоси ин назария амалӣ шудаанд, ба натиҷаҳои таҷриба мувофиқ намеоянд.
3. Назарияи Бор-Зоммерфелд аз руи ҳисоби энергияи атомҳои бисёрэлектрона ба натиҷаи амалия рост намеояд
4. Назарияи додашударо барои фаҳмондадиҳии миқдории бандҳои химиявӣ истифода бурдан аз имкон берун аст.

## 2.4. ТАБИАТИ ҲИССАЧАҒИ ВА МАВҶИИ ЭЛЕКТРОН

Назарияи ҳозиразамон дар бораи сохти атомҳо ва молекулаҳо ба қонунҳои асоснок қунонида шудааст, ки ҳаракати электронҳо ва дигар ҳиссаҷаҳои массаи ниҳоят хурд дошта – микрообъектҳо ро нишон медиҳад. Ин қонунҳо аз қонунҳои, ки ҳаракати ҳиссаҷаҳои калон – макрообъектҳо ро муайян мекунанд, фарқи калон доранд.

Асоси назарияи ҳозиразамон оид ба сохти атомҳо ва молекулаҳо ин тасаввурот дар бораи табиати духелагии микрообъектҳо мебошад.

Табиати духелагии микрообъектҳо дар он зоҳир мегардад, ки онҳо ҳам ба шакли ҳиссаҷа ва ҳам бо шакли мавҷ ифода меёбанд – яъне микрообъектҳо якбора ҳам хосияти корпускулярӣ ва ҳам хосияти мавҷиро соҳибанд.

Якумин маротиба ҳамин гуна табиати духелағӣ барои рушной аз тарафи М. Планк муқаррар карда шуда буд (аввали асри XX). Табиати духелагии рушной дар асоси омӯхтани ҳодисаҳои интерференсия ва дифраксия исбот карда шудааст. Дар ҳамин асос муайян карда шудааст, ки ҳодисотҳои интерференсия ва дифраксия хосиятҳои махсуси ҷудонашавандаи ҳолатҳои мавҷӣ мебошанд.

Дар асри ХХ бошад, дар асоси таҷрибаҳои бисёре исбот карда шуд, ки рушноӣ – ин сели ҳиссаҷаҳои материалӣ аст, ки номи квантҳои рушноӣ ё фотонҳоро гирифтаанд.

Ҳосиятҳои корпускулярӣ (ҳиссаҷагӣ) рушноӣ, алалхусус дар ду ҳодисот, хеле пурра зоҳир мегардад: дар фотоэффект ва эффекти Комптон.

Ҳодисоти фотоэффект дар соли 1889 аз тарафи А. Г. Столетов кашф карда шудааст. Моҳияташ аз он иборат аст, ки металлҳо (ё нимқотилҳо) дар вақти ба онҳо бо рушноӣ таъсир кардан электронҳоро хориҷ мекунанд. Фаҳмондани фотоэффект аз руи назарияи мавҷии рушноӣ имконнопазир аст.

Дар соли 1905 А.Эйнштейн нишон дод, ки агар мо фотоэффектро ҳамчун сели ҳиссаҷаҳо – фотонҳо ҳисоб кунем, он гоҳ онро бо осонӣ фаҳмондан мумкин аст. Фотонҳои рушноӣ бо электронҳо вохӯрда, ба онҳо энергияи худро медиҳанд. Дар ин ҳолат электронҳо соҳиби энергияи барзиёд мешаванд ва дар натиҷа онҳо ноустувор шуда аз атом берун мешаванд.

Эффекти Комптон онро нишон медиҳад, ки фотонҳои рушноӣ бо электронҳо таъсир карда, ба онҳо як қисми энергияи худро медиҳанд. Дар натиҷа дарозии мавҷ зиёд шуда (энергияшон кам шуда), самти паҳншавиашонро тағйир медиҳанд, яъне пошхӯрии онҳо ба амал меояд.

Ҳамин тавр олими ИМА Комптон дар соли 1923 мушоҳида карда буд, ки дар вақти ба моддаҳои гуногун таъсир кардани нурҳои рентгенӣ дарозии мавҷи нурҳои пошхӯрда аз аввалааш дида зиёдтар мешавад. Дар ин ҳолат тағйирёбии дарозии мавҷи пошхӯрда ба табиати моддаи тадқиқшаванда ва дарозии мавҷи аввалаи вобастагӣ надошта, асосан аз кунҷи байни нурҳои пошхӯрда ва аввалаи вобастагӣ дорад.

Агар фотоэффект ва эффекти Комптон табиати корпускулярӣ (ҳиссаҷагӣ) нурҳои ба чашм аён ва рентгениро ифода кунанд, он гоҳ ҳодисоти интерференсия ва дифраксияи нурҳо табиати мавҷии онро нишон медиҳанд. Аз ин ҷуни хулоса мебарояд, ки ҳаракати фотонҳо бо қонунҳои махсусе итоат мекунанд, ки ҳам хосияти корпускулярӣ ва ҳам хосияти

мавҷиро дар бар мегиранд. Ягонагии чунин хосиятҳои тамоман аз ҳамдигар дурро алоқамандии массаи фотон ва дарозии мавҷи нур нишон медиҳад:

$$(\lambda = h/mc).$$

Дар соли 1924 олими франсуз Де Бройль пешниҳод намуд, ки табиати духелагии корпуслярию мавҷи доштан на танҳо ба нурҳо (масалан, нури рушноӣ – фотон), балки ба ҳиссачаҳои материалӣ ҳам хос мебошад. Дар ҳамин асос ҳаракати ҳама гуна ҳиссачаҳои материалро ҳамчун ҳодисоти мавҷи ҳисобидан мумкин аст. Де Бройль барои исботи ин фикри худ муодилаи зеринро пешниҳод намуд:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

ки дар ин ҷо  $m$  - масса ва  $v$  - суръати ҳаракати ҳиссача буда,  $\lambda$  (лямда) – дарозии мавҷ аст. Ин мавҷҳо номи мавҷҳои Де Бройльро гирифтаанд.

Ақидаҳои Де Бройль оид ба табиати духелагии ҳиссача дар мисоли электрон, баъдтар дар натиҷа кашф шудани ҳодисотҳои интерференсия ва дифраксияи электронҳо тасдиқ шудаанд.

**Ҳодисоти интерференсия** аз он иборат аст, ки як ҳаракати мавҷмонанд метавонад дигар ҳамин гуна ҳаракатро пурқувват ё камқувват кунад. Пурқувватшавӣ дар ҳолате рӯй медиҳад, ки агар мавҷҳо соҳиби як хел фаза бошанд, яъне баланди ва пастии ин мавҷҳо бо якдигар мувофиқ оянд.

Баръакс, агар баландии як мавҷ ба пастии мавҷи дигар мувофиқ ояд (яъне, фазаҳои мавҷҳо муқобил бошанд) пастшавӣ ё тамоман хомушшавии мавҷҳо ба амал меояд.

**Дифраксия** гуфта чунин ҳодисотро меноманд, ки дар вақти аз сатҳи монеаҳо гузаштани мавҷ ба амал меояд: ин ҳодисот дар натиҷаи тақсимшавии мавҷ ба якчанд гуруҳҳо, ки якдигарро интерференсия менамоянд, ба амал меояд.

Ба сифати ин гуна монеа, панҷараи дифраксионӣ, ки дорoi холигиҳои бисёри аз якдигар дар масофаҳои муайян ҷойгиршуда иборат аст, хизмат карда метавонад.

Дар амалия ба сифати панҷараи дифраксионӣ аз кристаллҳои металлҳо истифода мебаранд. Маълум аст, ки атомҳо дар кристаллҳо бо тартиби муаян ҷойгир шуда, панҷараи дифраксионии табииро ташкил мекунад. Чунин хосияти металлҳо имоният медиҳад, ки ҳодисоти дифраксияи электронҳо барои омӯхтани сохтори модҳо истифода бурда шавад. Асбобе, ки бо ёрии он дифраксия омӯхта мешавад, **электроннограф** ном дошта, яке аз асбобҳои муҳим дар лабораторияҳои физико-химиявӣ ба шумор меравад.

Масалан, бо ёрии ҳамин гуна асбоб дифраксияи атомҳои гелий, молекулаи гидроген ва дигар ҳиссаҳо омӯхта шудаанд.

Ҳамин тавр, табиати духелағӣ – ҳам ҳиссаҷавию ҳам мавҷӣ доштани ҳиссаҳои материалӣ бо таври эксперименталӣ (таҷрибавӣ) пурра исбот гардидааст.

## 2.5. МУОДИЛАИ ШРЕДИНГЕР ВА МОҲИЯТИ ФИЗИКИИ ОН

Тадқиқотҳои де Бройль барои пайдошавии механикае, ки ҳаракати микроҳиссаҷаҳоро меомӯзад, таҳкурси ғузошт. Дар соли 1925-26 Гейзенберг (Германия) ва Шредингер (Австрия) новобаста аз якдигар ду равияи механикаи навро пешниҳод намуданд: тадқиқотҳои минбаъда нишон доданд, ки ҳар ду равия ҳам ба натиҷаҳои якхела меоваранд.

Дар баробари ин маълум шуд, ки методи пешниҳодардан Шредингер барои иҷро намудани ҳисоббарориҳо қулайтар мебошад. Бинобар он назарияи ҳозиразамони сохти атомҳо ва молекулаҳо ба ҳамин метод асоснок кунонида шудааст.

Чунин механикае, ки ҳаракати микрообъектҳо меомӯзад, номи механикаи квантиро гирифтааст. Механикае, ки ба қонунҳои Нютон асоснок кунонида шудааст, номи механикаи классиқиро дорад.

Механикаи квантӣ нисбат ба назарияи Бор-Зоммерфелд чунин бартарӣ дорад, ки вай бо ёрии мафҳуми квантони механикаи классиқиро ба таври сунъӣ, барои омӯхтани табиати ҳиссаҷаҳои ибтидоӣ (элементарӣ), истифода набурда, худаш

назарияй бутуне аст, ки аз постулату тасаввуротҳои ба ядигар мухалиф набуда иборат мебошад.

Ҳамаи он натиҷаҳои, ки дар асоси механикаи квантӣ ҳосил карда шудаанд, пурра ба таҷриба мувофиқат мекунанд. Мувофиқи таълимоти механикаи квантӣ, табиати духелагии электронро дар назар дошта, мо ба таври саҳеҳ дар бораи роҳи ҳаракати электрон дар атом чизе гуфта наметавонем. Мо метавонем танҳо дар бораи эҳтимолияти вуҷуд доштани электрон дар нуқтаи додашудаи фазо сухан ронем. Бинобар он ҳамчун маъноӣ маҳфуми «орбитаи электронӣ» хатти муаянро, ки аз руи он электрон бояд ҳаракат кунад, дар назар надошта, балки як қисми фазоеро дар атрофи ядро дар назар дорад, ки мавҷудияти электрон дар он ҷо имконпазир аст.

Агар бо тарзи дигар гуем, орбитаи электронӣ дар бораи ҷойивазкунии пай дар пайи электрон аз як нуқта ба нуқтаи дигар чизе гуфта наметавонад, танҳо эҳтимолияти мавҷудияти электронро дар масофаи муайяне аз ядро атом нишон медиҳад. Ҳамин тавр, электрон гӯе «абре» мебошад, ки дар атрофи ядро паҳн шудааст ва зичии он нобаробар дар фазои атом тақсим шудааст. Шакли «абри» электронӣ бо функцияи махсусе ки орбитал ном дорад, ифода карда мешавад. Аммо дар вақти содда карда омӯхтани сохти атом маҳфуми «орбита»-ро нигоҳ дошта истода, хусусияти махсуси ҳаракати электронро дар атом дар назар доштан зарур аст. Маҳфуми «орбитал» бо ҷои маҳфуми «орбита» барои он дар илм дохил карда шудааст, ки ҳаракати электрон дар атом бо ҳаракати ҷисмҳо дар физикаи классикӣ, ки аз руи орбитаҳои муайян (масалан, сайёраҳо) ҳаракат мекунанд, иваз карда нашавад.

Умуман қонуниятҳои ҳаракати микроҳиссачаҳоро дар механикаи квантӣ бо ёрии муодилаи Шредингер ифода мекунанд. Аз ҳамин сабаб моҳияти муодилаи Шредингер дар механикаи квантӣ аз моҳияти қонунҳои Нютон дар механикаи классикӣ дида камтар нест.

Муодилаи Шредингер – муодилаи дифференсиалии ҳосилаҳои қисмӣ мебошад. Ин муодила барои як ҳиссаҷа чунин намудро дорад:

$$\frac{\hbar^2}{8\pi^2m} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + u\psi = E\psi,$$

дар ин ҷо  $\hbar$  - доими Планк =  $6,62517 \cdot 10^{-27}$  эрг.сония;  $m$  - массаи ҳиссаҷа;

$U$  - энергияи потенциали;  $E$  - энергияи пурра;  $x, y, z$  - координатҳои мебошанд. Муодилаи додашуда ба ҳолатҳои статсионари (аз вақт новобастаи) системаҳои дахл дорад.

Бузургии тағйирёбандаи  $\Psi$  (пси), ки ба ин муодила дохил аст функцияи мавҷӣ номида мешавад. Квадрати он  $\Psi^2$  маънои муайяни физикӣ дошта, эҳтимолияти мавҷуд будани ҳиссаҷаро дар мавқеи додашудаи фазо нишон медиҳад. Бояд қайд кард, ки муодилаи Шредингер масъалаи математикии мураккаб аст ва ҳалли он аз вазифаи дар пеш гузоштаи мо берун аст. Бинобар он ба хоҳишмандон тавсия медиҳем, ки барои ба муодилаи Шредингер ва ҳалли он муфассал шинос шудан ба адабиётҳои махсусе, ки химияи квантӣ ном доранд, муроҷиат кунанд.

Системаи тасаввуроти механикаи квантӣ аз механикаи классикӣ фарқи калон дорад. Механикаи квантӣ эҳтимолияти ёфтани ҳиссаҷаро нишон дода, дар бораи траектория (маҳрук), координатаҳои ва суръати он дар ин вақт он лаҳзаи вақт чизе намегуянд, чунки ин тасаввуроти дар механикаи квантӣ ҳеҷ маъно надоранд.

Яке аз мавқеҳои асосии механикаи квантӣ – нисбияти номуайяни мебошад, ки Гейзенберг нишон додааст. Мувофиқи он якбора саҳеҳ муайян намудани мавқеи мавҷудбудани ҳиссаҷа ва импульси он имконнопазир аст. Ҷаҳат, ки мо координатаҳои ҳиссаҷаро саҳеҳтар муайян намоем, ҳамон қадар импульси он номуайянтар мешавад, ва баръакс-чи қадар, ки импульси ҳиссаҷа саҳеҳтар муайян карда шавад координатаи он ҳамон қадар номуайян мешавад.

Нисбияти номуайяни барои фаҳмонидани бисёр хусусиятҳои микрообъектҳо ёри калон мерасонад. Масалан, вай имконият медиҳад, ки бисёр эффеќтҳо, ки ҳисоби саҳеҷашон мураккаб аст, бо тези дониста гирем.

## 2.6. АДАДҲОИ КВАНТИИ АТОМ

Мувофиќи таълимоти механикаи квантӣ ҳаракати электронҳо дар атом бо 4 адади квантӣ ифода намудан мумкин аст.

1. Адади асосии квантӣ-  $n$  ( $N$ ), энергияи электронро ифода намуда, танҳо ба қиматҳои бутун соҳиб шуда метавонад, яъне  $n=1,2,3,\dots$  ва ғайраҳо.

Электронҳо, ки бузургиҳои якхелаи адади квантии асосиро доранд ( $n$ ) қабати электрониро ташкил медиҳанд. Қабатҳои электрониро бо ҳарфҳои калони латинии K, L, M, N, O ифода менамоянд. Дар ин ҷо K – қабати аз ядроӣ атом якумин буда, адади квантии асосиаш ба 1 баробар аст. L – қабати дуум, M – сеюм ва ғайраҳо мебошанд. Электронҳо, ки қабати додашударо ташкил мекунанд, дорои энергияи гуногун ва орбиталҳои ҳархела мебошанд. Мувофиќи таълимоти кванто-механикӣ бо зиёдшавии адади асосии квантӣ инчунин миқдор ва хусусиятҳои орбиталҳои электронӣ ҳам, дар ҳудуди ҳамин қабати электронӣ, тағйир меёбанд.

Миқдори орбиталҳо барои ҳар бузургии  $n$  ба квадрати адади асосии квантӣ баробар аст.

2. Адади дигари квантӣ-  $l$  ( $L$ ), шакли орбитали электрониро ифода карда, адади орбиталии (иловагии) квантӣ номида мешавад. Барои адади асосии квантии додашуда  $n$ , адади орбиталии квантӣ  $l$  метавонад аз 0 то  $n-1$  қимат гирад. Орбиталҳо дар ин сурат бо ҳарфҳои хурди алфавити латинӣ s ( $l=0$ ), p ( $l=1$ ), d ( $l=2$ ), f ( $l=3$ ) ишора карда мешаванд. Электронҳо, ки дорои ададҳои орбиталии (иловагии) квантии

гуногун мебошанд, аз якдигар фарқ мекунад: чӣ қадар ки адади  $l$  калон бошад, ҳамон қадар энергияи электрон зиёд аст.

3. Ориентатсияи орбиталҳо дар фазои атом бо ёрии адади сеюми квантӣ, ки инчунин номи адади магнитии квантиро ҳам дорад муайян шуда, бо ҳарфи  $m_l$  -ишора карда мешавад. Барои ҳар адади орбитали квантии додашудаи  $l$ , адади магнитии квантии  $m_l$  метавонад аз  $-l$  то  $+l$  қимат гирад. Ин бузургӣ адади орбиталҳоро дар қабати электрони додашуда муайян мекунад: яъне як  $s$  орбитал дорои адади магнитии квантии  $m_l = 0$  мебошад. Се  $p$ - орбитал дорои  $m_l = -1; 0; +1$ . Панҷ  $d$ -орбитал дорои  $m_l = -2; -1; 0; +1; +2$  мебошад. Орбиталҳое, ки дорои ададҳои магнитии квантии гуногун буда, аммо ададҳои якхелаи орбиталӣ ва асосии квантӣ доранд, энергияи якхела доранд.

4. Адади чоруми квантӣ – спин ном дошта, бо  $m_s$  ишора карда мешавад. Вай бузургии кванто-механикӣ буда, ба ду қимат  $+1/2$  ва  $-1/2$  соҳиб шуда метавонад. Спин аз калимаи англисӣ – spin (барма) гирифта шуда, хосияти дар атрофии тири худ давр задани электронро ифода мекунад (расми 5).

Қабати якуми электрони  $K$ , ки адади асосии квантиаш  $n = 1$  аст, танҳо 1 орбитал дошта, вай бо  $1s$  ифода карда мешавад. Рақами 1 онро нишон медиҳад, ки адади асосии квантӣ ин орбитал ба 1 баробар буда, адади орбитали квантии он бошад  $l$  ба 0 баробар аст. Абри электрони  $1s$ - орбитал шакли кураро дорад, бинобар он эҳтимолияти мавҷудияти электрон танҳо аз масофаи байни электрону ядро вобастагӣ дорад. Абри электрони  $1s$  дорои зичии ҳаҷми калонтарин буда, вай аз ядро тахминан дар масофаи  $0,529 \text{ \AA}$  воқеъ аст (расми 6).



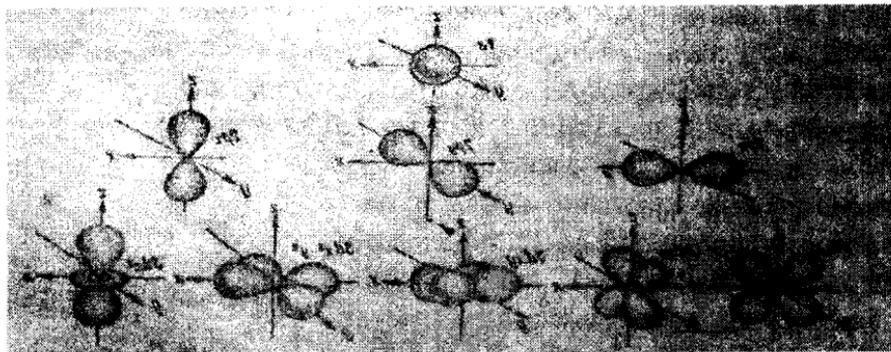
Расми 5. Спини электрон

Дар расми додашуда ба таври схемавӣ абри электрони орбиталҳо нишон дода шудааст. Қабати дуёми электронӣ, ки адади асосии квантиаш ба 2 баробар аст (яъне  $n = 2$  аст),  $2^2 = 4$  орбитал дошта, аз онҳо яктояш  $2s$ - орбитал ва сетоаш  $2p$ -орбиталҳо мебошанд. Абри электрони  $2s$ -орбитал монанди  $1s$ -

орбитал шакли курао дорад. Шакли абри p- орбиталҳо чунин мебошад (расми 7), яъне шакли ҳашт (8)-ро (ё гантелро) дорад. Адади магнителии квантӣ 2p – электронҳо метавонад соҳиби се бузурги – 1; 0 ва +1 шаванд, ки бо миқдори ориентатсияи тирҳои гантел ба равиши тирҳои координатӣ мувофиқ меояд ( x, y, z ). Бинобар 2p –орбиталро бо таври 2p<sub>x</sub>, 2p<sub>y</sub> ва 2p<sub>z</sub> ишора мекунанд. Электронҳои ҳар се 2p-орбитал як хел энергия доранд.

Қабати сеюми электроние, ки адади асосии квантиаш  $n = 3$  аст,  $3^2 = 9$  орбитал дорад. Онҳо аз як 3s – орбитал, аз се 3p-орбитал ва аз панҷ 3d-орбитал иборатанд.

Қабати 4-уми электронӣ  $4^2=16$  орбитал дорад. Электронҳои орбиталҳои d, f ва ғайраҳо шакл ва ҷойгиршавии мураккаби фазой доранд (расми 8).



Расмҳои 6, 7, 8. Абрҳои s, p ва d- электронҳо якҷоя

## 2.7. СОХТИ АТОМҲОИ БИСЁРЭЛЕКТРОНА

Дар атомҳои бисёрэлектрона ҳар як электрон на танҳо таъсири майдони ядроро, балки таъсири майдони дигар электронҳоро ҳам ҳис мекунанд. Ин барои ҳалли муодилаи Шредингер, ки ҳолати атомҳои бисёрэлектронро нишон медиҳад, мушкилии иловагиро ба миён меоварад. Бинобар он то ҳоло барои ягон атоми бисёрэлектрона чунин муодилаҳо ба таври саҳеҳ ҳал карда нашудаанд. Аммо бисёр усулҳои ҳалли

тахминии муодилаи Шредингер пешниҳод карда шудааст, ки натиҷаҳои ба таҷриба мувофиқро ҳосил мекунад.

Мураккабии усулҳои ҳалли тахминии муодилаи Шредингер аз миқдори электронҳо вобастагӣ дорад ва бо зиёдшавии миқдори электронҳо ҳалли муодила мушкил шудан мегирад. Барои ҳалли тахминии муодилаи Шредингер асосан ду усул: методи Хортри-Фок ва методи Слейтерро истифода мебаранд.

Ҳисоббарорӣ аз руи усули якум бо он асоснок кунонида шудааст, ки ҳам таъсири майдони ядро ва ҳам таъсири майдони электронҳои дигар ба ҳисоб гирифта мешавад.

Усули дуюм ба тасаввуроти «заряди эффективии ядро» асоснок кунонида шудааст: дар ин ҳолат чунин пиндошта мешавад, ки гуё электронҳои дигар заряди ядроро мепӯшида бошанд. Агарчанде ҳисоббарорӣ аз руи усули Хортри-Фок натиҷаҳои саҳеҳтар диҳад ҳам, функсияи мавҷии Слейтер барои ҳисоббарорӣ мувофиқтар аст, бинобар он бештар аз ин усул истифода мебаранд.

Дар атомҳои бисёрэлектрона ҳам ҳолати ҳар як электрон чун дар атоми гидроген бо бузургиҳои ададҳои квантии  $n$ ;  $l$ ,  $m$  ва  $m_s$  муайян карда мешавад. Дар ин сурат таъсири майдони электронҳои дигар ба таъсири майдони берунаи магнитӣ ва электрикӣ, барои атоми гидроген, монанд мешавад.

Бинобар он энергияи электронҳои, ки бузургии якхелаи адади асосии квантиро ( $n$ ) дошта, аммо бо қиматҳои адади орбиталишон аз якдигар фарқ мекунад, дорои энергияҳои гуногун шуда метавонанд.

Дар ин ҳолат ҳам электронҳои, ки як хел бузургии  $n$ -доранд «қабат» (ё «парда»)-ро ҳосил мекунад. Ин қабатҳои электронӣ вобаста ба бузургии  $n$  бо ҳарфҳои калони алфавити латинӣ, аз  $K$  сар карда ( $n = 1$ ) ифода мешаванд. Гуруҳи электронҳои, ки бузургии адади квантии  $l$ -ашон як хел мебошанд, «қабатча»-ро ташкил мекунад. Пуршавии ҳучраҳои энергетикӣ бо электронҳо, дар атомҳои

бисёрэлектрона, ба се принцип итоат мекунад: принципи Паули, принципи энергияи камтарин ва қоидаи Ҳунд.

Ҳолати электронҳо дар атомҳои бисёрэлектрона ҳама вақт ба қонуни квантомеханикие, ки Паули кашф намуда буд (принципи Паули), мувофиқ меояд. Мувофиқи ин принцип дар системаҳои атомӣ ё молекулавии гуногун ду электроне, ки ҳамаи ададҳои квантиашон якхела бошанд, вучуд дошта наметавонанд.

Мувофиқи принципи Паули адади электронҳои, ки бузургии майяни  $n$ -доранд, миқдори электронҳоиашон дар қабати додашудаи электронӣ маҳдуд аст.

Агар тартиби пуршавии қабатҳои электрониро бо ёрии «ҳучрачаҳои квантӣ», ки бо шакли росткунҷаҳо ифода меёбанд, дида бароем, хеле қулай мешавад. Дар ҳар як ҳучрача аз як ҷуфт электронҳо зиёд ҷойгир шуда наметавонад. Дар ҳамин асос, ба ҳамаи  $s$  – орбиталҳои қабатҳои гуногун як ҳучрача мувофиқ меояд;  $p$  – орбиталҳо аз се ҳучрача,  $d$ - орбиталҳо аз панҷ ҳучрача ва  $f$  - орбиталҳо аз 7 ҳучрача иборатанд.

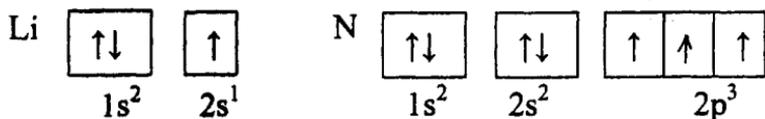
Электронҳои дар як ҳучрача ҷойгир буда дорон се адади квантии якхелаад  $n$ ,  $l$  ва  $m_l$  мебошанд. Мувофиқи принципи Паули адади квантии чорум-спин, бояд дигар хел бошад. Дар ин сурат чунин мегуянд, ки электронҳо спинҳои антипараллелӣ доранд. Чунин электронҳоро бо шакли тирчаҳои самташон муқобил -  $\uparrow\downarrow$  ифода мекунанд.

Агар электронҳо дар орбиталҳои гуногун бошанд, яъне ҳучрачаҳои гуногунро ишғол кунанд, он гоҳ ададҳои спинии онҳо метавонанд якхела бошанд. Спинҳои ин гуна электронҳоро параллелӣ номида, бо шакли 

↑	↑	↑
---	---	---

 ифода мекунанд.

Масалан, конфигуратсияи электронии атомҳои литий ва нитрогенро чунин ифода намудан мумкин:



Аксар вақт конфигурацияи электронӣ чунин навишта мешавад: намуди орбитал (қабатча) бо s, p, d, f ишора карда шуда, рақами адади квантии асосӣ пеш аз қабатча навишта мешавад. Адади электронҳои қабатча бошад бо намуди рақам бо шакли дараҷаи ифодаи қабатча навишта мешавад. Масалан, конфигурацияҳои электронии литий ва нитроген мувофиқи навишти боло ин тавр тасвир карда мешаванд:



Принсипи Паули имконият медиҳад, ки адади максималии электронҳоро дар қабат ва қабатҷаҳои электронӣ муайян намоем.

Дар ҳамин асос миқдори электронҳо дар қабатҳои электронӣ бо ёрии муодилаи  $2n^2$  муайян карда мешавад.

Масалан, дар қабати якум, ки адади асосии квантиаш  $n=1$  аст, адади максималии электронҳо ба  $2 \cdot 1^2 = 2$  баробар мешавад. Барои қабати дуюм миқдори максималии электронҳо ба  $2 \cdot 2^2 = 8$  баробар аст. Ҳамин тавр, барои ҳамаи қабатҳои электронии мавҷуд буда чунин ҳолатҳоро мушоҳида намудан мумкин аст:

1	қабати квантӣ	K	L	M	N
2	адади квантии асосӣ	1	2	3	4
3	адади максималии электронҳо дар қабат	2	8	18	32

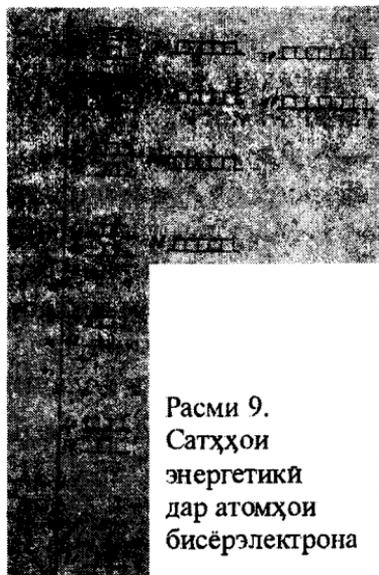
Адади максималии электронҳоро дар қабатҷаҳо (орбиталҳо), мувофиқи принсипи Паули, бо ёрии муодилаи  $2(2\ell+1)$  муайян намудан мумкин аст, яъне:

1	намуди орбиталҳо (зерқабати квантӣ)	s	p	d	f
2	адади квантии иловагӣ	0	1	2	3
3	адади максималии электронҳо дар қабатча	2	6	10	14

Электронҳо дар вақти пур намудани орбиталҳо пеш аз ҳама он орбиталҳоро ишғол мекунанд, ки энергияшон камтарин бошад. Дар атомҳои бисёрэлектрона ҷойгиршавии орбиталҳои (қабатчаҳои) атомӣ, вобаста ба принципи энергияи камтарин чунин мешавад:

$1S < 2S < 2P < 3S < 3P < 4S < 3d < 4P < 5S < 4d < 5P < 6S < 5d < 4f < 6P < 7S < 6d < 5f$   
(бо шакли диаграмма дар расми 9 оварда шудааст).

Яъне, чӣ қадар, ки энергияи электрон калон бошад, вай ҳамон қадар аз ядро дуртар ҷойгир мешавад. Чунин ҷойгиршавии электронҳоро дар атом вобаста ба савияи (сатҳи) энергетикӣ худ, формулаҳои электронӣ ё конфигуратсияҳои электронӣ ҳам меноманд. Чи тавре, ки дида мешавад пуршавии орбиталҳои электронӣ то  $4s$  қабатча пай дар пай иҷро шуда, баъд аз он дохилшавии орбиталҳои электронии аввала ба майдони электронҳои минбаъда ба амал меояд.



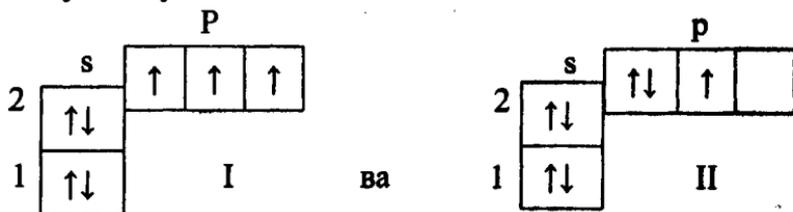
Расми 9.  
Сатҳҳои энергетикӣ дар атомҳои бисёрэлектрона

Масалан, мувофиқи формулаи электронии овардашуда, ҷойгиршавии орбитали  $3d$  баъд аз  $4S$  ва  $4d$  баъд аз  $5S$  онро нишон медиҳад, ки энергияи электронҳои  $3d$  қабатча нисбат ба энергияи электронҳои  $4S$  қабатча ва энергияи электронҳои  $4d$  қабатча нисбат ба  $5S$  қабатча зиёдтар мебошад (бинобар он аз ядро дуртар ҷойгир шудаанд).

Аммо бояд қайд кард, ки бо зиёдшавии адади асосии квантӣ фарқи байни энергияҳои қабатҳои электронӣ то рафт кам мешавад: масалан, дар вақти  $n = 7$  шудан қабатҳо аз сабаби наздик будани энергияи худ чунон зич ҷойгир шудаанд, ки амалан фарқ намудан мушкул аст.

Механикаи квантӣ ва таҳлили спектрҳои нишон медиҳанд, ки пуршавии ҳуҷраҳои квантӣ, ки ба ҳолати энергияи камтарини атом мувофиқанд, чунин ба амал меояд: дар вақти пуршавии қабати электронҳо дар навбати аввал бо ҳуҷраҳои қимати гуногуни адади магнитии квантӣ дошта ҷойгир шуда, баъд онҳо бо электронҳои спинашон муқобил ҷуфт мешаванд, яъне пуршавии қабатҳои электронӣ чунин ба амал меояд, ки суммаи спинҳо максималӣ бошад. Ин қоида бо номи Ҳунд гузошта шудааст ва бинобар қоидаи Ҳунд номида мешавад.

Масалан, конфигуратсияи электронии атоми нитроген  $1s^2 2s^2 2p^3$  буда, электронҳоро дар ҳуҷраҳои квантӣ бо ду намуд ҷойгир намудан мумкин аст:



Мувофиқи қоидаи Ҳунд аз инҳо намуди якумаш афзалият дорад. Барои исботи гуфтаҳои боло, ҷойгиршавии электронҳоро дар атоми сулфур, дар асоси чор адади квантӣ, дида мебароем (ҷадвали 2).

Ҷадвали 2.

**Нишондиҳандаҳои ададҳои квантӣ дар мисоли сохти электронии атоми сулфур**

n	1		2			3				
Адади электронҳо	2	8			6					
$l$	S	S	P		S	P		d		
Адади электронҳо	2	2	6		2	4		0		
$m_l$	0	0	+1	0	-1	0	+1	0	-1	-
Адади электронҳо	2	2	2	2	2	2	1	1	-	
$m_s$	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	-

## 2.8. БАЪЗЕ ХОСИЯТҲОИ АТОМҲО

Агар атом ба таъсироти беруна дучор нагардад, он гоҳ электронҳо ҳамин тавр ҷойгир мешаванд, ки энергияи атом хурдтарин бошад. Чунин ҳолате, ки электронҳо соҳиби энергияи камтаринанд, ҳолати асосӣ ё муътадили атом номида мешавад. Дар вақти ба атом дода шудани энергия (масалан, дар натиҷаи бо якдигар тела хурдани атомҳо, фурубарии кванти рушноӣ, зарбаи электронӣ ва ғайраҳо) як ё якчанд электронҳо дар атом метавонанд ба сатҳи энергетикӣ баланд гузаранд, дар ин ҳолат атом барангехта мешаад.

Ҳолати барангехтаи атом ниҳоят кам давом мекунад (тахминан  $10^{-5}$  -  $10^{-8}$  сония), баъд аз он электрон ба сатҳи энергетикӣ аввалааш баргашта, атом ҳолати асосии худро соҳиб мешавад.

Дар вақти гузаштани электрон аз савияи энергетикӣ баланд ба савияи энергетикӣ паст кванти рушноӣ хориҷ мешавад, ки бузургии он аз руи муодилаи Планк

$$E_2 - E_1 = h\nu$$

муайян карда мешавад. Ин бузургии хати спектри мувофиқро ҳосил мекунад. Яъне, ҳамин тавр пайдошавии ҳар як хати спектралӣ гузаштани электронҳо аз як савия ба савияи дигар нишон медиҳад. Ҳамин тавр спектри элемент имконият медиҳад, ки мо дар бораи гузаришҳои энергетикӣ электронҳо, ки дар вақти аз ҳолати барангехта ба ҳолати асосӣ баргаштани атомҳо рӯй медиҳад, муҳокима ронем.

Гузаштани электронҳо, ки ба қабатҳои дохилӣ дахлдоранд, нурҳои рентгениро ба амал меоранд, ки дарозии мавҷашон назар ба дарозии мавҷи рушноӣ дида кутохтар мебошад. Ин ҳолат чунин фаҳмонда мешавад, ки электронҳои дохилӣ ба ядро мустақкамтар пайваस्त шудаанд ва бинобар гузаштани онҳо аз як сатҳ ба сатҳи дигар ба тағйиротҳои калони энергетикӣ меорад ва дар натиҷаи он нурҳои зудиашон калону дарозии мавҷашон кутох хориҷ мешаванд.

Гузаштани электронҳои беруна дар атомҳо ба тағйироти энергетикӣ нисбатан кам алоқаманд буда, онҳо барои ба амал омадани спектрҳои ултрабунафш ва бо ҷашм дидашаванда сабаб мешаванд.

Тадқиқоти спектрҳои имконият медиҳад, ки сохти электронии атомҳои элементҳои муайян қарда шуда, бузургии ададҳои квантӣ ва энергияи электронҳои ёфта шаванд.

Рафтори атомҳои дар реаксияҳои химиявӣ бештар ба устувории электронҳои дар орбиталҳоишон вобаста аст. Бинобар он, таъсири муҳими атомҳои энергияи ионикунонии онҳо (энергияе, ки барои кандани электрон аз атоми дар ҳолати асосӣ сарф мешавад) мебошад. Ин тасаввурот барои молекулаҳои ҳам хос мебошад. Бузургии энергияи ионикунониро, ба монанди бузургии савияи энергетикашон, аз маълумотҳои спектралӣ муайян намудан мумкин аст.

Энергияи ионикунониро бо усули дигар ҳам муайян қардан мумкин аст, масалан, бо ёрии методҳои зарбаи электронӣ ва фотоионикунонӣ. Энергияи ионикунонӣ одатан бо электрон-волтҳои ифода ёфта, онҳоро инчунин потенциалҳои ионикунонӣ ҳам меноманд.

Барои атомҳои бисёрэлектронӣ якҷанд бузургии энергияи ионикунонӣ, ки энергияи қандашавии электронҳои яқум, дуҷум ва ғайраҳо ро нишон медиҳанд, мувофиқ меоянд:

$$J_1 < J_2 < J_3 \dots$$

( $J_1, J_2, J_3$  - энергияҳои ионикунонӣ).

Муодилаи навишташуда нишон медиҳад, ки бо зиёдшавии адади электронҳои қандашуда, заряди ионӣ мусбати ҳосилшуда меафзояд, ки вай электронҳои боқимондари мустақамтарро бо худ мекашад. Энергияи ионикунонӣ яке аз таъсириҳои муҳимтарини атомҳои мебошад, ки инро аз мисоли зерин дида метавонем.

Дар соли 1962 Бартлетт (Канада) пайвастиҳои  $O_2PtF_6$ -ро синтез намуд. Ақидаҳои назариявӣ вайро бо чунин ҳулоса оварданд, ки ин пайвастигӣ аз ионҳои  $O_2^+$  ва  $[PtF_6]^-$  иборат аст. Он гоҳ диққати Бартлеттро он чиз ҷалб намуд, ки энергияи

ионикунонии молекулаи  $O_2$  ва атоми Хе (ксенон) амалан яхеланд (барои  $O_2$ - 12,20 ва барои Хе- 12,13 электроноволт). Аз ин ҷо ба чунин хулоса омадан мумкин буд, ки чунин пайвастагиро бо ксенон ҳам ҳосил намудан мумкин аст. Дар ҳақиқат ҳам бо роҳи таъсир намудани Хе бо  $PtF_6$  Бартлетт пайвастагии  $HePtF_6$ -ро синтез намуд. Ҳамин тавр, бо синтез намудани пайвастагиҳои газҳои инертӣ яке аз комёбиҳои бузурги химия дар солҳои охир, таҳкурси гузошта шуда буд.

Электронҳо дар атомҳо бо ёрии майдони ядро нигоҳ дошта мешаванд: ин майдон чунин қобилият дорад, ки дигар электрони озоди ба атом наздикшударо ба худ кашад, агарчанде, ки вай аз тарафи электронҳои атом қувваи теладиҳиро ҳис мекунад. Ҳисобҳои назариявӣ ва натиҷаҳои таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки барои бисёр атомҳо энергияи кашиши электрони иловагӣ ба суи ядро аз энергияи теладиҳии он аз тарафи қабатҳои электронӣ зиёд мебошад, бинобар он ин гуна атомҳои электронҳои иловагиро ба худ ҳамроҳ намуда, ионҳои устувори манфӣ заряднокро ҳосил мекунанд. Энергияе, ки барои қанда гирифтани электрон аз ин гуна ионҳо сарф мешавад, қаробати атомро ба электрон муайян мекунад.

Ба монанди энергияи ионикунонӣ, қаробат бо электрон ҳам бо электроно-вольт чен карда мешавад.

Ҳисобҳои квантомеханикӣ нишон медиҳанд, ки дар вақти пайвастшавии ду ва ё зиёда электронҳо ба атом энергияи теладиҳӣ ҳама вақт аз энергияи кашиш зиёдтар аст, яъне қаробати атом бо ду ва зиёда электронҳо манфӣ аст. Бинобар ин ионҳои якатомаи бисёрзардаи манфӣ ( $O^{2-}$ ,  $S^{2-}$ ,  $N^{3-}$  ва ғайраҳо) дар ҳолати озод ноустуворанд. Таdqиқотҳои бисёре нишон додаанд, ки чунин ионҳо дар молекулаҳо ҳам вучуд дошта наметавонанд. Бинобар ин навиштани формулаҳои  $O^{2-}$ ,  $N^{3-}$  ва ғайраҳо ҳамчун навишти дағал ҳисоб кардан мумкин аст.

Қаробат ба электрон барои ҳамаи элементҳо хос нест. Қаробати максималӣ ба электрон аз тарафи атомҳои галогенҳо

мушоҳида карда мешавад, қаробати камтарин бошад барои металлҳои ишқорӣ ва ишқорзаминӣ хос аст.

Дигар тасифи муҳимтарини сохти атом спектрҳои оптикӣ ва рентгенин онҳо мебошанд. Спектри оптикӣ гуфта чунин ҷамъи як қатор серияҳоро меноманд, ки ҳар кадоми он аз гуруҳи хатҳои спектралӣ иборат буда, дарозии мавҷашон аз  $10^{-7}$  то  $10^{-4}$  М ( $\approx 1000-1000\ 000 \text{ \AA}$ ) мебошанд. Дар асоси омехтани спектрҳои оптикӣ мо метавонем оид ба сохтори электронҳои қабати беруна маълумот пайдо намоем. Ба ҳалли ин масъала курси махсус, ки спектроскопияи атом ва молекулаҳо ном дорад, машғул аст.

Одатан барои дуруст муайян кардани конфигуратсияи электронии атомҳо дар амалия аз маълумотҳои, ки дар натиҷаи ҷенкуниҳои магнитӣ ҳосил мекунам, истифода бурда мешавад. Магнитнокшавии моддаҳо одатан ба майдони магнитие, ки онҳо ҷойгир шудаанд, мутаносиби рост мебошад. Константаи мутаносибӣ хосияти ба худ қабулкунии майдони магнитиро аз тарафи ин модда нишон медиҳад. Агар ин хосияти магнитнокшавии модда бузург бошад ва аз он шиддатнокии майдони магнитӣ вобаста бошад, чунин моддаро **ферромагнит** меноманд.

Агар магнитнокшавии модда аз майдони магнитӣ вобастагӣ надошта бошад ва аломати мусбат дошта бошад, модда **парамагнит** номида мешавад. Моддаҳои, ки магнитнокшавии манфӣ дошта, ба майдони магнитӣ вобастаанд, **диамагнит**ҳо номида мешаванд.

Парамагнетизм ва диамагнетизм хосиятҳои атомӣ мебошанд. Ҳодисоти парамагнетизм онро нишон медиҳад, ки равиши майдони магнитӣ ба равиши магнитнокшавӣ мувофиқ меояд. Дар сурати диамагнетизм бошад, электронҳо ба равиши майдони магнитӣ муқобил ҳаракат мекунам, бинобар он майдонҳои электронҳою майдони магнитӣ якдигарро барҳам медиҳанд.

## 2.9. ТАВСИФИ ЯДРОИ АТОМ

Дар қисми марказии атоми элементҳои гуногун – ядрои атом мавҷуд аст. Ядрои атомҳо андозаи хеле хурд доранд, радиуси онҳо аз  $10^{-13}$  то  $10^{-12}$  см мебошад. Дар ядро массаи асосии атом ҳам оварда шудааст ва он дорони заряди мусбат мебошад.

Дар замони ҳозира чунин ақида мавҷуд аст, ки ядрои атом аз протонҳо ва нейтронҳо иборат мебошад, ки онҳоро дар якҷоягӣ нуклонҳо меноманд.

Протон (аз забони юнонӣ – якумин) ҳиссаҳои ядровии дорони заряди мусбат мебошад, ки он ба 1 баробар аст. Массаи протон ба  $1,679 \cdot 10^{-24}$  г баробар буда, массаи нисбиаш (нисбат ба  $^{12}\text{C}=12$ ) ба 1,007276 ё тахминан ба 1 баробар аст. Протон бо ҳарфи P ё  $^1_1\text{P}$  ишора карда мешавад. Нейтрон (аз забони латинӣ – на ин на он) – ҳиссаҳои ядровие, ки заряди электрикӣ надорад. Массаи нисбиаш ба 1,008665 ё тахминан ба 1 баробар буда, ба ҳарфи n ё  $^1_0\text{n}$  ишора карда мешавад. Хусусияти ядро бо ёрии ду адад – рақами тартибӣ ва массавӣ A муайян карда мешавад. Адади массавӣ A миқдори нуклонҳоро (протонҳо ва нейтронҳо) дар ядро нишон медиҳад, рақами тартиби бошад – адади протонҳоро дар ядро нишон медиҳад. Масалан, ядрои атоми фтор F чунин ифода карда мешавад:  $^{19}_9\text{F}$ . Ин онро нишон медиҳад, ки ядрои атоми фтор нӯх протон ва  $19-9=10$  нейтрон дорад. Ё ядрои атоми алюминий  $^{27}_{13}\text{Al}$  – 13 протон ва  $27-13=14$  нейтрон дорад.

## 2.10. ҲОДИСОТИ ИЗОТОПИЯ

Ҳамаи ядроҳои то ҳоло маълум заряди аз 1 (гидроген) то 109 (мейтнерий)-ро доранд. Атомҳои, ки заряди ядровиашон якхела буда, аз якдигар бо адади массавиашон фарқ мекунанд, изотопҳо номида мешаванд. Масалан, оксиген дар табиат дар се шакли изотопӣ маълум аст:  $^{16}_8\text{O}$ ;  $^{17}_8\text{O}$ ;  $^{18}_8\text{O}$ .

Азбаски адади электронҳои дар атрофи ядро даврзананда ба заряди ядро баробар аст, бинобар он атомҳои дорои ядрои зарядашон якхела ба гуногунии массаҳоишон нигоҳ накарда, хосиятҳои химиявии монандро зоҳир мекунанд. Омехтаи ин гуна атомҳо – изотопҳо бо усули химиявӣ ҷудо карда намешаванд (ба ғайр аз атомҳои  $^1\text{H}$  ва  $^2\text{H}$ , ки массаҳоишон аз якдигар бо 100% фарқ мекунанд). Барои ҷудо кардани изотопҳо аз методи махсус – **масс-спектроскопӣ** истифода мебаранд.

То кашф шудани ҳодисоти изотопӣ, дар асоси натиҷаҳои таҳлили химиявӣ, чунин фикр карда мешуд, ки моддаҳои содда ва мураккаб аз атомҳои бо усули химиявӣ ҷудонашаванда иборатанд.

Баъди кашфи ҳодисоти изотопӣ маълум шуд, ки атоми литий бо вазни нисбии атомаш 6,939 омехтаи ду атомҳои гуногун  $^6\text{Li}$  ва  $^7\text{Li}$  мебошад, ки нисбати фоизи онҳо чунин аст: 7,42:92,58.

Аз ин ҷо: 
$$Ar(\text{Li}) \approx \frac{7.42 \cdot 6 + 92.57 \cdot 7}{100} \approx 6.35.$$

Ҳлор бошад аз омехтаи изотопҳои  $^{35}\text{Cl}$  ва  $^{37}\text{Cl}$  иборат аст. Ҳамин тавр, намуди атомҳо аз 92 зиёд шуд. То ҳоло адади изотопҳои устувори кашфшуда ба 272 расидааст. Агар ба ин адад миқдори изотопҳои ба таври сунъӣ ҳосил кардашударо илова намоем ин адад аз 1300 зиёд мешавад.

Ҳамаи 272 изотопҳо ба 92 «оила» тақсим карда шудааст. Аз инҳо изотопҳои танҳо 81 оила устувор мебошанд. Элементҳои заряди ядрошон 43,61 ва аз 83 боло изотопҳои устувор надоранд. Адади изотопҳо дар ҳар оила аз 1 то 10-го шуданаш мумин аст.

Барои 26 элементе, ки рақами тартибии тоқ доранд (инчунин барои  $^9_4\text{Be}$ ) танҳо яктоғи изотоп маълум аст. Ин гуна элементҳо моноизотопҳо номида мешаванд.

Элементҳои, ки аз 2 ва зиёда изотопҳо иборатанд, полиизотопҳо номида мешаванд.

То кашф шудани ҳодисоти изотопӣ элементи химиявӣ гуфта чунин маҷмуи атомҳоро меномиданд, ки дорои (соҳиби) массаи нисбии атомии якхела бошанд.

Баъди кашфи ҳодисоти изотопӣ, элементи химиявӣ гуфта чунин намуди атомҳоро меномидагӣ шуданд, ки дорои заряд ва рақами тартибии якхела бошанд. Масалан, элементи химиявии гидроген аз изотопҳои  $^1\text{H}$  (протий),  $^2\text{H}$  (дейтерий) ва  $^3\text{H}$  (тритий) иборат аст.

Барои ҷудо намудани изотопҳо усулҳои химиявиро танҳо дар сурате истифода бурдан мумкин аст, ки агар онҳо аз якдигар бо хосиятҳои химиявиашон фарқи калон дошта бошанд, масалан, барои ҷудо кардани изотопҳои  $^1\text{H}$  ва  $^3\text{H}$ . Бештар барои иҷрои ин мақсад усулҳои физикӣ: нурҳои мусбат ва масс-спектроскопия истифода бурда мешаванд.

Методи нурҳои мусбат барои ҷудокунии ҳиссаҷаҳои аз ҷиҳати электрикӣ заряднок истифода бурда мешавад, ки онҳо аз руи массаашон ё бузургии зарядашон аз якдигар фарқ мекунанд. Методи масс-спектроскопӣ бошад, ба гуногунии массаи изотопҳо асоснок кунонида шудааст.

Ғайр аз мафҳуми изотопҳо, дар илм мафҳуми изобарҳоро низ истифода мебаранд. Изобарҳо гуфта, чунин атомҳоро меноманд, ки массаи якхела дошта, аммо соҳиби рақами тартибии гуногун мебошанд. Масалан:  $^{39}_{18}\text{Ar}$  ва  $^{39}_{19}\text{K}$ ;  $^{58}_{27}\text{Co}$  ва  $^{58}_{28}\text{Ni}$  ва ғайраҳо. Изобарҳо аз калимаи юнонӣ isos - як хел, voros- вазн гирифта шудааст.

Дар байни протонҳо қувваи таладиҳӣ, дар байни протонҳою нейтронҳо бошад, қувваи бо ҳамкашӣ вучуд дорад, ки дар натиҷаи ин (ба ҳам кашидашавии протонҳою нейтронҳо) ядрои атом ҳосил мешавад. Қувваҳои бо ҳамтаъсиркунии ҳиссаҷаҳо дар ядро қувваҳои ядровӣ номида мешаванд. Аммо то ҳоло табиати ин қувваҳо пурра омухта нашудаанд. Бо вучуди ин мо метавонем энергияи бо ҳамтаъсиркунии ҳиссаҷаҳоро дар ядро ҳисоб карда ёбем.

Дар вақти ҳосилшавии ядро аз протонҳо ва нейтронҳо камшавии масса ба амал меояд. Ин ҳодисотро нуқси (дефекти) масса меноманд.

Масалан, ядрои гелий аз 2 протон ва 2 нейтрон иборат аст: массаи протон = 1.007276, массаи нейтрон = 1,008665 в.а.м.:

$$1,007276 \cdot 2 + 2 \cdot 1,008665 = 4,031882 \text{ в.а.м.}$$

Массаи ядрои изотопи гелий ба 4,001506 в.а.м. баробар аст. Аз ин ҷо нуқси массаи ( $\Delta m$ ) ядрои гелий, ки аз  $2p$  ва  $2n$  иборат аст чунин мешавад:

$$\Delta m = 4,031882 - 4,001506 = 0,030376 \text{ в.а.м.}$$

Барои ифода намудани нуқси массаи ядро бо граммҳо бояд, ки адади ёфташуда ба  $6,02 \cdot 10^{23}$  тақсим карда шавад, ё бо  $1,663 \cdot 10^{-24}$  зарб карда шавад, чунки 1 в.а.м.

$$= m = (C^{12})/12 = \frac{1,993 \cdot 10^{-23}}{12} = 1,663 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

Аз ин ҷо  $0,030376$  в.а.м. ба  $1,663 \cdot 10^{-24}$ .  $0,030376 \approx 5,028 \cdot 10^{-26}$  г баробар аст.

Азбаски масса эквиваленти энергия мебошад, мо метавонем энергияи дар вақти ҳосилшавии ядро аз протонҳою нейтронҳо ҷудо шударо ҳисоб кунем. Ин энергияи хеле бузург буда, ченаки асосии устувории ядро мебошад.

Барои муайян кардани ин энергия аз формулаи Эйнштейн истифода мекунанд:

$$E = \Delta mc^2 = 5,028 \cdot 10^{28} \text{ г} \cdot (3 \cdot 10^{10} \frac{\text{см}}{\text{сония}})^2 = 4,5255 \cdot 10^{-6} \text{ эрг} = 4,5255 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ,}$$

яъне ҳангоми ҳосилшавии як ядрои гелий аз протонҳою нейтронҳо тахминан  $4,5255 \cdot 10^{-13}$  Ҷ гармӣ хориҷ мешавад.

Ҳангоми ҳосилшавии як мол ядроҳои гелий бошад  $4,5255 \cdot 10^{-13} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,724 \cdot 10^{11}$  Ҷ гармӣ хориҷ мешавад, ки ин энергия аз миқдори энергияе, ки дар вақти сӯзиши 1 мол (12 г) карбон ба амал меояд, қариб 6,5 миллион маротиба зиёд аст.

## 2.11. ҲОДИСОТИ РАДИОАКТИВИИ ТАБИЙ

Ҳодисоти радиоактивӣ дар соли 1896 аз тарафи олими франсуз Беккерел кашф карда шуда буд. Вай муайян кард, ки минералҳои элементи уран дошта нурҳои бо чашм ноаёнӣ аз қабати ҷисмҳои ношафтоф гузаранда мебароранд, ки онҳо ба лавҳачаи фотографӣ (аксбардорӣ) таъсир мекунад.

Дар соли 1898 физики франсуз Пьер Кюри ва ҳамсараш Мария Складовская-Кюри дар боқимондаҳои маъдани уран (баъди ҷудо карда гирифтани уран), пайвастагии радийро кушоданд, ки вай аз намакҳои уран дида миллион маротиба радиоактивноктар буд. Ин кашфиёт дар пешрафти минбаъдаи тадқиқотҳои радиоактивӣ қадами бузурге буд.

Барои шинос шудан ба ҳодисоти радиоактивӣ изотопи торий  ${}_{90}^{212}\text{Th}$ -ро дида мебароем. Баъд аз ҳар як муддате ядроҳои атомҳои алоҳидаи торий тақсим мешаванд ва дар натиҷаи он  $\alpha$ -нурҳо ҳосил мешаванд, ки онҳо сели ядроҳои гелий  ${}_{2}^4\text{He}$  ҳастанд.

Ядроҳои баъди тақсимшавӣ боқимонда яке аз изотопҳои радий буда, вай номи мезаторийро гирифтааст. Ин ядроҳо дар навбати худ тақсим шуда,  $\beta$ -нурҳоро мебароранд (сели электронҳо) ва ба ядроҳои изотопи актиний табдил меёбанд. Ин тақсимшавӣ минбаъд ҳам давом мекунад ва баъзан ядроҳо  $\gamma$ -нурҳоро ҳам мебароранд. Тақсимшавии радиоактивӣ то вақте давом мекунад, ки агар дар охир изотопи устувори ягон элемент ҳосил шавад.

Ҳамин тавр худ аз худ тақсимшавии ядроҳоро ҳодисоти радиоактивӣ (аз калимаи юнонӣ *rados*-нур) меноманд, ки дар натиҷаи он  $\alpha$ ,  $\beta$  ва  $\gamma$ -нурҳо хориҷ мешаванд.

Дар вақти ҳодисоти радиоактивӣ ҳосилшавии ядроҳои нави элементҳо ба қоидаи лағжиш (қоидаи Содди ва Фаянс) итоат мекунад. Яъне:

1). Агар дар вақти тақсимшавии радиоактивии ядро  $\alpha$ -ҳиссаҷаҳо берун шаванд ( $2p$ ,  $2n$ ), он гоҳ ядрое ҳосил мешавад, ки рақами тартибиаш ба 2 воҳид ва массааш ба 4 воҳид аз массаи модариаш дида камтар мебошад. Ҳамин тавр дар ин

сурат элементе ҳосил мешавад, ки вай аз элементи аввала дида дар ҷадвали даврӣ ҷои аз 2 рақам камтарро ишғол мекунад.

2). Агар дар вақти тақсимшавӣ  $\beta^-$  - нурҳо берун шаванд (сели электронҳо) он гоҳ ядроӣ нав массаи ядроӣ пештараро дошта, рақами тартибиаш ба 1 зиёд мешавад. Ин элементи ҳосилшуда, аз элементи модариаш дида дар ҷадвали даврӣ хоначаи 1 рақам зиёд доштаро ишғол мекунад.

Беруншавии  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо аз ядроӣ элементи радиоактивӣ нишон медиҳад, ки дар ядроҳои атомҳои вазнин 2 протон ва 2 нейтрон бо ҳам пайваस्त шуда, метавонанд ядроӣ гелийро  ${}^4_2\text{He}$  ҳосил кунанд.

Фаҳмиши ҷараёни ҳосилшавии  $\beta^-$  - нурҳо нисбатан душвор аст, чунки дар ядроҳо электрон ва позитрон вучуд надоранд. Чунин тахмин мекунад, ки дар дохили ядро раванди ба ҳамтабдилёбии протонҳо ба нейтронҳо ба амал меояд, ки ин раванд бо беруншавии электронҳо ( $\beta^-$  - нурҳо) сабаб мешавад.

Яъне:  ${}^1_1p = {}^1_0n + {}^0_1e (\beta^+)$ ;  ${}^0_1n = {}^1_1p + {}^0_{-1}e (\beta^-)$ .

позитрон электрон

Суръати тақсимшавии радиоактивӣ баъзан хеле суст буда, дер давом мекунад. Бинобар он барои фаҳмо шудан дар амал вақти ба нимтақсимшавии ядроро муайян карда, аз он истифода мебаранд. Ин чунин вақтеро нишон медиҳад, ки дар он муддат  $1/2$  ҳиссаи ҷамаи моддаи радиоактивӣ тақсим мешавад. Вақти нимтақсимшавӣ  $T_{1/2}$  ба константаи нимтақсимшавӣ чунин алоқамандӣ дорад:

$$T_{1/2} = \frac{1}{K} \ln 2 = \frac{1}{K} \cdot 0,693$$

## 2.12. ХОСИЯТҲОИ $\alpha$ , $\beta$ ВА $\gamma$ - НУРҲО

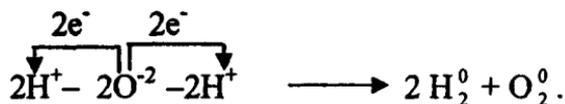
$\alpha$  - ҳиссаҷаҳо – ин ядрои атоми гелий  ${}^4_2\text{He}$  мебошанд. Ҳар як ҳиссаҷа дорои 2 заряди мусбат буда, массааш бошад аз  $1/12$  массаи атоми  ${}^{12}\text{C}$  4 маротиба калон аст. Суръати ҳаракати онҳо вобаста ба энергияшон аз 14000 то 20600 км дар 1 сония мешавад. Агар ҳиссаҷаҳоро ба сатҳе, ки бо  $\text{ZnS}$  пушида шудааст равон кунем, он гоҳ ҳар як  $\alpha$  - ҳиссаҷа ба кристаллҳо бархӯрда шуобарории онҳоро ба амал меоварад. Ин хосияти  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳоро асосан барои кашф намудани моддаҳои радиоактивии дигар истифода мебаранд.

Намакҳои саҳти  $\text{RaCl}_2$ ,  $\text{RaBr}_2$ ,  $\text{RaSO}_4$  дар ториқӣ равшанӣ медиҳанд, чунки дар зери таъсири  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо омехтаҳои  $\text{RaCl}_2$ ,  $\text{RaBr}_2$  ва  $\text{RaSO}_4$  нур мебароранд (ҳодисоти флюоресценсияро ба амал меоранд). Моддаҳое, ки дар вақти таъсири  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо нур мебароранд, дар механика барои тайёр намудани соатҳо, асбобҳои навигатсионӣ ва ғайраҳо истифода бурда мешаванд.

$\alpha$  - ҳиссаҷаҳо дар вақти аз дохили ҳаво гузаштан бо молекулаҳои  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  ва ғайраҳо бархӯрда, аз онҳо электронҳоро берун мекунанд, ки дар натиҷа атомҳо ба ионҳо табдил меёбанд.

$\alpha$  - ҳиссаҷаҳо бо молекулаҳо ва атомҳо таъсир карда, онҳоро фаъол мекунанд, ки ин ба равиши реаксияи химиявӣ ёри мерасонад.

Нақши  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо дар ин сурат аз он иборат аст, ки онҳо электронҳои дар атомҳо ноуствор нигоҳдошташударо берун карда, қабулшавии онҳоро аз тарафи ионҳои дигар осон мекунанд:



$\alpha$  - ҳиссаҷаҳо ба бофтаҳои ҷисми зинда таъсири физиологии калон мерасонанд. Дар натиҷаи таъсири дуру дарози моддаи радиоактивӣ дар сатҳи пусти бадан ҷароҳат пайдо мешавад, ки вай пусти сӯхтаро ба хотир меоварад.

$\alpha$ - ҳиссаҷаҳоро инчунин барои табобати касалиҳои вазнин (масалан, саратон) истифода мебаранд.

Таъсири ками  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо сабзиши растаниҳоро тезонида, баръакс таъсири калонаш, сабзиши онҳоро суст мекунад.

$\alpha$ - ҳиссаҷаҳо, ки ба суръати 20000 км/сония ҳаракат мекунанд, дорои энергияи кинетикии калон буда, дар реаксияҳои ядровӣ, барои ҳосил кардани ҳиссаҷаҳо ва элементҳои нав истифода бурда мешаванд.

$\beta^-$ - ҳиссаҷаҳо сели электронҳо буда, дар натиҷаи паракшавии радиоактивӣ ба амал меоянд.

Вобаста ба табиати шуобарории бета-минусӣ, суръати электронҳо бо 0,3-0,99 ҳиссаи суръати рушноӣ баробаранд.

Энергияи кинетикии  $\beta^-$ - ҳиссаҷаҳо аз энергияи кинетикии  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо хеле ҳам кам мебошад, чунки массаи

$\beta^-$  - ҳиссаҷаҳо нисбат ба массаи  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо ҳазорҳо маротиба хурдтар аст. Суръати ҳаракаташон бошад ҳамагӣ 10 маротиба зиёдтар аст.

Дигар хосиятҳои  $\beta^-$  - ҳиссаҷаҳо ба хосиятҳои  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо монанд аст: атом ва молекулаҳоро ба ионҳо табдил медиҳанд, ҳодисоти люмениссенсияро ба амал меоранд ва ғайраҳо.

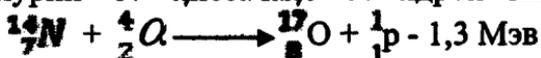
$\gamma$  - нурҳо шуобарориҳои электромагнитие мебошанд, ки соҳиби дарозии мавҷи хеле ҳам кӯтоҳ (аз  $1 \text{ \AA}^0$  камтар) ҳастанд. Лекин онҳо қобилияти гузарандагии калон доранд. Ин нурҳо аз қабати чуб, ҷисми кӯҳӣ, металлҳо бо осонӣ мегузаранд. Танҳо қурғошим ба онҳо каме монеъа шуда метавонад, чунки ин нурҳо аз тарафи он фуру бурда мешаванд.

$\gamma$ - нурҳо одатан сели ҳиссаҷаҳо – фотонҳоро ( $\gamma$ - квант) ташкил медиҳанд. Энергияи онҳо аз дарозии мавҷ вобаста буда, бо муодилаи  $E=h\nu$  муайян карда мешавад. Чӣ қадар, ки дарозии мавҷ кучоқ бошад, ҳамон қадар  $\gamma$ - нурҳо дорои энергияи калонанд.

### 2.13. РЕАКСИЯҲОИ ЯДРОВӢ

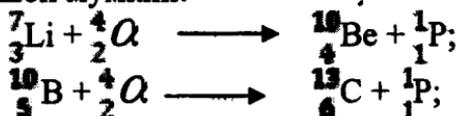
Аз ҳаво гузаштани  $\alpha$  - нурҳоро тадқиқ намуда, Резерфорд муайян кард, ки дар ин ҳолат ҳиссаҷаҳои суръати ҳаракаташон ниҳоят калон ҳосил мешаванд.

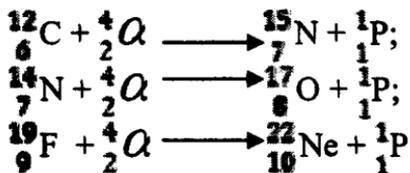
Тадқиқотҳои минбаъда нишон дод, ки ин ҳиссаҷаҳо ядроҳои атоми гидроген – яъне **протон** мебошанд. Онҳо дар натиҷаи бархӯрии  $\alpha$ - ҳиссаҷаҳо бо ядроҳои нитроген пайдо мешаванд:



Яъне  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо ба ядроҳои нитроген дохил шуда онро ноустувор мекунанд ва дар натиҷа аз он протонҳо берун шуда, аз ядро бошад изотопи оксиген  ${}^{17}_8\text{O}$  ҳосил мешавад. Ин реаксия эндотермӣ буда, энергияи лозимӣ аз энергияи кинетикии  $\alpha$ - ҳиссаҷаҳо гирифта мешавад. Ин яке аз реаксияҳои аввалини ядровӣ буд, ки дар лаборатория ба амал оварда шудааст. Кашфиётҳои минбаъда нишон дод, ки ҳамин тавр реаксияҳои ядровӣ инчунин дар дигар ядроҳои сабук ҳам ба амал омада метавонанд. Дар ин сурат ядроҳои наво ҳосил мешавад, ки аз ядроҳои модариаш дида 1 воҳиди заряд ва 3 воҳиди масса зиёд дорад ва дар натиҷаи ин реаксияҳо протон хориҷ мешавад.

Дар ин ҳолат на ҳама реаксияҳо эндотермӣ мебошад. Инчунин реаксияҳои экзотермӣ ҳам шуданашон мумкин (масалан, дар вақти бомбаронкунии ядроҳои AI). Мисоли реаксияҳои ядровӣ, ки бо ёрии  $\alpha$ - ҳиссаҷаҳо ба амал меоянд, инҳо шуданашон мумкин:



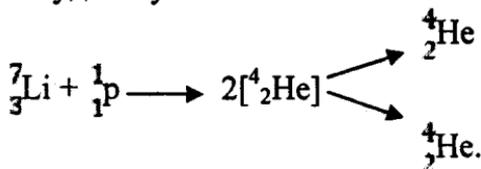


ва ғайраҳо.

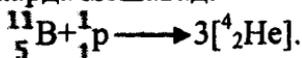
Ҳамин тавр, дар натиҷаи бо ёрии  $\text{A}$  - ҳиссачаҳо бомбаборонкунии ядроҳои дорои заряди 3-16 буда реаксияҳои ядровиро ба амал овардан мумкин. Агар заряди ядроҳои атоми «нишона» (бомбабороншаванда) аз 16 боло бошад, бо ёрии  $\text{A}$  - ҳиссачаҳо дар онҳо реаксияи ядровиро ба амал овардан душвор ё имконнопазир мегардад. Чунки  $\text{A}$  - ҳиссачаҳо дорои заряди мусбӣ буда, ба ядроҳои дорои заряди мусбидори калон вохӯрда, қафо бармегарданд. Ҳамин тавр, дар асоси таҷриба Резерфорд исбот намуд, ки агар энергияи  $\text{A}$ - ҳиссачаҳо аз  $3 \cdot 10^6$  эв кам бошад, бо ёрии онҳо реаксияҳои ядровиро ба амал овардан мумкин нест.

Олимони Кокрофт ва Уолтан дар асоси таҷрибаҳои худ генераторро сохтанд, ки бо ёрии он протонҳои дорои суръати ҳаракаташон баландро ҳосил кардан мумкин. Пешбинӣ карда шуда буд, ки бояд протонҳо нисбат ба  $\text{A}$ - ҳиссачаҳо дида ба ядроҳои атом бо осонӣ дохил шаванд. Чунки заряди онҳо нисбат ба заряди  $\text{A}$ - ҳиссачаҳо дида 2 маротиба камтар аст. Суръати ҳаракати протонҳо, ки бо ёрии генератор ҳосил карда мешаванд, дар як сония то 10 м расиданаш мумкин.

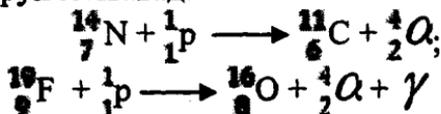
Исбот карда шуд, ки дар вақти бомбаборон кардани ядроҳои литий бо ёрии протонҳо аз он 2  $\text{A}$  - ҳиссача мебарояд ва бо ду тарафи гуногун тақсим мешавад (чунки дорои заряди якхела буда, бинобар якдигарро тела медиҳанд). Ин реаксияи ядровиро чунин ифода намудан мумкин:



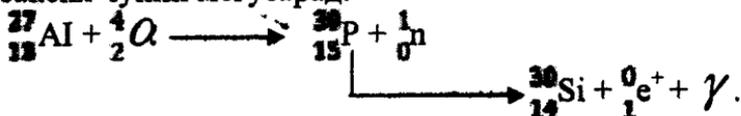
Дар вақти бомбаборонкунии ядрои элементи бор, бо ёрии протонҳои суръати ҳаракаташон баланд, ҳосилшавии се  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо мушоҳида карда мешавад:



Дар дигар ҳолатҳо, дар вақти фурубарии протонҳо, ядрои наве ҳосил мешавад, ки зарядаш аз заряди ядрои аввала дида 1 воҳид ва массааш 3 воҳид кам аст, инчунин дар ин сурат аз ядро  $\alpha$  - ҳиссаҷа берун мешавад:



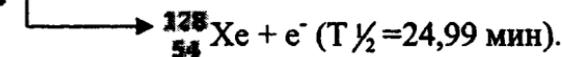
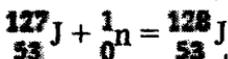
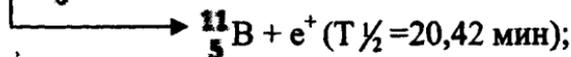
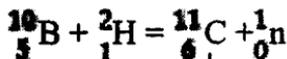
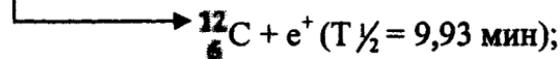
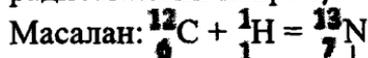
Олимон Ирен-Кюри ва Фредерик Жолио-Кюри дар соли 1934 нишон доданд, ки дар натиҷаи бомбаборон намудани ядрои алюминий бо ёрии  $\alpha$  - ҳиссаҷаҳо вай радиоактивӣ шуда, ҳиссаҷаҷаҳоеро берун мекунад, ки дорои заряди мусбат буда, массаашон ба массаи электрон баробар аст. Ин ҳиссаҷаҷаҳоеро бо  $e^+$  ишора карда ба онҳо номи «электрони мусбат» ё позитронро доданд. Ин реаксия чунин мегузарад:



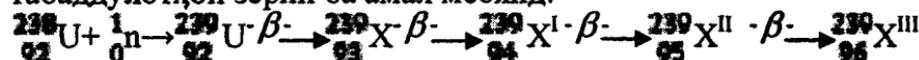
Дар ин ҷо изотопи фосфар  ${}_{15}^{30}\text{P}$  ноустувор (радиоактивӣ) аст ва бинобар он вайрон шуда, ба изотопи устувори силитсий  ${}_{14}^{30}\text{Si}$  табдил меёбад ва дар ин сурат позитрон -  $e^+$  хориҷ мешавад.

Таҷрибаҳои Ирен-Кюри ва Ж.Ф. Кюри аз тарафи дигар олимон ҳам тасдиқ карда шудаанд. Ғайр аз ин нишон дода шудааст, ки чунин реаксияҷаҳоеро на танҳо бо ёрии протонҳо, балки бо ёрии дейтерий ва нейтронҳо ҳам иҷро намудан мумкин. Аз ҷама беҳтараш барои ин мақсад нейтронҳо мебошанд, чунки онҳо заряд надоранд, бинобар он бо осонӣ ба ядрои атом дохил мешаванд.

Физиқи италиягӣ Ферми бо ёрии нейтронҳо қариб ҳамаи ядроҳоро бомбаборон намуда, миқдори бисёри ядроҳои радиоактивии навро ҳосил намудааст.

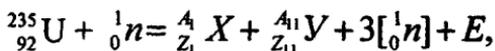


Дар соли 1934 Ферми бо ёрии нейтронҳо ядрои уранро бомбаборон карда, ба чунин хулоса омад, ки дар ин ҳолат табаддулотҳои зерин ба амал меоянд:



Ҳамин тавр, Ферми ядрои ҳосилшударо, ки рақамҳои тартибиашон аз 92 зиёд буд, **трансурани**ҳо номид.

Дар соли 1939 Ган ва Штрассер таҷрибаҳои Фермиро такрор намуда, ба чунин хулоса омаданд, ки гуё дар вақти бомбаборонкунии ядрои уран вай ба 2 ҷиссаи тахминан баробар тақсим мешавад. Ин хулосаи онҳо аз тарафи дигар тадқиқотчиён тасдиқ карда шуд. Исбот карда шудааст, ки ядрои  ${}^{235}_{92}\text{U}$  бо ёрии нейтронҳои серҳаракат ва ядрои  ${}^{238}_{92}\text{U}$  бошад, бо ёрии нейтронҳои сустҳаракат тақсим кунонида мешаванд. Схемаи тақсимшавии ядрои  ${}^{235}_{92}\text{U}$  чунин аст:



дар ин ҷо  $Z^I + Z^{II} = 92$ ;  $A^I + A^{II} + 3 = 236$ ;  $Z^I$  ва  $Z^{II}$  метавонанд аз 30 то 65,  $A^I$  ва  $A^{II}$  аз 72 то 162 тағйир ёбанд.

Дар вақти тақсимшавии (параҳашавии) ядрои  ${}^{238}_{92}\text{U}$  аз 2 то 3 нейтронҳо ҷудо мешаванд. Ин нейтронҳо дар навбати худ метавонанд тақсимшавии ядроҳои нави уранро ба амал оранд. Ҳамин тавр, реаксияи ядровӣ як маротиба ба амал омада,

метавонад худ аз худ давом кунад (яъне реаксияи занҷириро ба амал орад), ки вай то ба охир тақсими шудани ядроҳои урани мавҷуда давом мекунад. Ҳамин тавр, бомбаборонкунии аввалаи ядроҳои уран ҳамчун нақши гугирдеро мебозад, ки гуё омехтаи таркандаро аланга мегиронда бошад.

Чунин реаксияҳои занҷирӣ, ки дар муддати хеле кӯтоҳ (якчанд ҳиссаи сония) ба амал меоянд, дар бомбаҳои атомӣ (ядровӣ) истифода бурда мешаванд. Бояд қайд кард, ки ба сифати «сузишивории ядровӣ» инчунин ядроҳои изотопҳои  $^{233}_{92}\text{U}$  ва  $^{239}_{94}\text{Pu}$  ҳам истифода бурда шуданашон мумкин.

Реаксияҳои занҷирӣ танҳо дар сурате ба амал меоянд, ки агар коэффитсиенти зиёдшавии нейтронҳо бузургии 25-ро гирад. Коэффитсиенти зиёдшавӣ гуфта, нисбати байни ададҳои нейтронҳои дар ду акти пай дар пай иштирок кардари меноманд.

Реаксияҳои занҷирӣ на танҳо аз ҷиҳати назариявӣ мукамал омӯхта шудаанд, балки аввалин маротиба бо намуди бомбаҳои атомӣ истифода бурда шудаанд. Масалан, дар соли 1945 аз тарафи давлати ШМА дар шаҳрҳои Хиросима ва Нагасакии Япония бомбаҳои атомӣ тарконида шуд, ки вай боиси марги миллионҳо одамон гардид.

Идоракунии равандҳои ядровӣ имконият дод, ки энергияи дохили ядровӣ ба мақсади амонӣ ва нафъи мардум истифода шаванд. Ҳоло истигоҳҳои (стансияҳои) атомии сохташуда, энергияи ядровиро ба электрикӣ табдил медиҳанд. Дар замони ҳозира зиёда аз 500 реакторҳои атомӣ кор мекунанд, ки бо ёрии онҳо энергияи дохили атомӣ бо мақсадҳои гуногуни илмӣ ва техникӣ истифода бурда мешаванд.

Миқдори гармие, ки дар вақти реаксияҳои ядровӣ ба амал меоянд хеле калон аст. Агарчанде барои ба амал овардани реаксияҳои ядровӣ хароҷот калон бошад ҳам, энергияи ҳосил мешудагӣ, нисбат ба энергияи ангиштсанг дида қариб 30 маротиба арзонтар меафтад.

Радиоактивнокии ин ва ё он модда ба миқдори ядрое, ки дар воҳиди вақт тақсими мешаванд, муайян карда мешавад.

Ҳодисоти радиоактивнокиро бо воҳидҳои махсус чен мекунамд. Ин воҳид ба шарафи Мария Складовская Кюри, ки якумин маротиба радиёро кашф намудааст, «кюри» номида мешавад. Кюри -ин воҳиди радиоактивӣ буда, чунин миқдори моддаи радиоактивиро нишон медиҳад, ки агар дар он дар 1 сония 37 миллиард ( $3,7 \cdot 10^{10}$ ) тақсимшавии ядроҳо ба амал ояд. Бештар қисмҳои алоҳидаи ин воҳидро истифода мебаранд, милликюри (мкюри)-1000 маротиба камтар: микрокюри (мккюри) – миллион маротиба камтар ва ғайраҳо.

Радиоактивияти хос гуфта, чунин радиоактивиятро меноманд, ки ба воҳиди масса (кг, г) ё ҳаҷм ( $m^3$ ,  $cm^3$ ) нисбат гирифта шуда бошад. Барои радиоактивияти хосро бо воҳиди Кюри ифода намудан аз чунин формула истифода мебаранд:

$$C_{и} = \frac{1,3 \cdot 10^{-8}}{A \cdot T_{1/2}} K_{Кюри} / 10^{-3} \text{ кг} .$$

Дар ин ҷо  $A$  – массаи изотопи моддаи радиоактивӣ,  $T_{1/2}$  - даври нимтақсимшавӣ дар 1 шабонарӯз.

Радиоактивиятро инчунин бо воҳидҳои Резерфорд ва Рентген ҳам чен мекунамд. Моддаҳои радиоактивӣ дар ҳама ҷой паҳн шудаанд: дар сатҳ ва қишри замин, дар обҳои дарёҳо, кулҳо, уқёнусҳо, дар ҳаво ва ғайраҳо. Дар 1 г чинсҳои кӯҳӣ бо ҳисоби миёна то  $0,3 \cdot 7 \cdot 10^{-6}$  кг U;  $0,5 \cdot 20 \cdot 10^{-6}$  кг Th;  $0,1 \cdot 2,4 \cdot 10^{-12}$  кг Ra вучуд доштанишон мумкин.

Мавҷудияти радий, уран ва торий дар обҳои табиӣ хеле кам буда, ба ҳисоби миёна  $1 \cdot 10 \cdot 10^{-13}$  кг ва  $0,6 \cdot 8 \cdot 10^{-6}$  кг ва  $0,5 \cdot 10^{-6}$  кг дар  $1 m^3$  рост меояд. Обҳои радиоактивӣ ҳамчун обҳои шифобахш истифода бурда мешаванд (Схалтубо, Пятигорск, Боржомӣ, Ижевск, Хоҷа-оби Гарм ва ғайраҳо).

Радиоактивияти ҳаво ба мавҷудияти газҳои радиоактивии радон ва торий вобаста аст. Мавҷудияти ин газҳо чунин мебошад: радон  $1,2 \cdot 10^{-13}$  кюри/л ва торий  $7 \cdot 10^{-23}$  кюри/л. Дар вақти дар атмосфера тарконидани бомбаҳои атомӣ, миқдори моддаҳои радиоактивӣ бисёр шуда, ба саломатии ҳисмҳои зинда зарар меоранд.

# БОБИ Ш. ҚОНУНИ ДАВРӢ ВА ҶАДВАЛИ ДАВРИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ ХИМИЯВИИ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВ

## 3.1. МАЪЛУМОТҲОИ УМУМӢ

Дар баробари ҷамъ шудани маълумотҳо оид ба хосиятҳои элементҳои химиявӣ, зарурияти ба тартиб овардани онҳо ба миён омад. То аз тарафи Менделеев кашф карда шудани қонуни даврӣ аллақай зиёда аз 60 элементҳои химиявӣ маълум буданд. То Менделеев бисёр химикҳо кушиш намуданд, ки ин элементҳои мавҷударо аз рӯи хосиятҳои ба тартиб дароранд. Ба ин кор Шанкуртуа (Франсия), Майер ва Доберейнер (Германия), Нюлендс (Англия) ва дигарҳо машғул буданд. Масалан, Нюлендс чунин қайд намудааст, ки дар вақти элементҳоро аз рӯи зиёдшавии вазни нисбии атомҳои онҳо ҷойгир намудан, хосиятҳои химиявии онҳо баъди ҳар ҳафт (7) элемент такрор мешаванд. Ба ин мушоҳидаи худ вай номи «қонуни октава»-ро дод. Доберейнер бошад аз элементҳои хосиятҳои химиявиашон монанд триадаҳоро сохта нишон дод, ки дар ин сурат массаи нисбии атоми элементҳои мобайнӣ ба массаи миёнаи атоми ду элементҳои қанорӣ баробар аст. Шанкуртуа элементҳоро аз рӯи зиёдшавии вазни нисбии атомашон бо шакли нордбони винтмонанд (пармашакл) ҷойгир намуд. Дар ин сурат элементҳои монанд дар зерини якдигар ҷойгир мешаванд. Мейер бошад, элементҳоро аз рӯи зиёдшавии вазни нисбии атомашон ҷойгир намуда, шаш (6) гуруҳи бо ҳам монандро пешниҳод намуд.

Аммо ягонтои ин тадқиқотчиён аз рӯи монандиҳои пешниҳод кардашон яке аз қонунҳои асосии химияро дида натавонистанд. Ин масъала олиҷанобона, дар соли 1869, аз тарафи олими гениалии рус Д.И.Менделеев ҳал карда шуд. Қонуни даврӣ ва ҷадвали даврии аз тарафи Д.И.Менделеев кашф карда шуда ба таҳкурсии химияи ҳозиразамон табдил ёфт.

### 3.2. ҚОНУН ВА ҶАДВАЛИ ДАВРИИ ЭЛЕМЕНТҶОИ ХИМИЯВИИ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВ

Д.И.Менделеев моҳияти асосии қонуни даврии кашфкардашударо соли 1869 чунин ифода намуда буд: «**Ҳосияти ҷисмҳои содда, инчунин шаклҳо ва ҳосиятҳои пайвастагиҳои элементҳо ба массаи нисбии атомҳоишон вобастагии даврий доранд**».

Дар ҳамон вақт Д.И.Менделеев оид ба қонуни даврий навишта буд, ки «қонуни даврий на танҳо алоқамандии байни элементҳоро дар бар гирифт, балки таълимоти пурраеро оид ба пайвастагиҳои аз ин элементҳо ҳосилшавандаро нишон дода, имконият фароҳам овард, ки тағйирёбиҳои ҳосиятҳои моддаҳои содда ва мураккабро бинем, мушоҳида намоем».

**Ифодаи қонуни даврий-ҷадвали даврии элементҳо мебошад.** Маълум аст, ки алоқамандиҳои функционалӣ асосан бо се усул ифода меёбанд: бо ёрии муодилаҳо, бо намуди графикҳо ва бо намуди ҷадвалҳо. Барои қонуни даврий ифодаи сеюм қулайтар буд. Бинобар аз садҳо вариантҳои пешниҳодкарда бештар онҳое истифода бурда мешаванд, ки ба ҷадвали сохташудаи Д.И.Менделеев наздик бошанд.

Омузиши сохти атомҳо нишон додааст, ки қонуни даврий бо шакли ҷадвале пешниҳод карда мешавад, ки дар он элементҳо вобаста ба сохти қабатҳои электрониашон бо тартиби муайяне ҷойгир шудаанд.

Сохти электрони атом дар ҳолати муқаррарӣ (асосӣ) дар асоси электронҳои муайян карда мешавад. Агар атом барангехта набошад, электронҳо чунин орбиталҳоро ишғол мекунанд, ки энергияшон камтарин аст. Адади электронҳо дар атомҳо ба заряди мусбати ядро баробар аст. Ҳамин тавр, заряди ядро чунин тавсифи атом мебошад, ки сохти электрони атомро ва дар баробари ҳамин ҳосиятҳои электронҳоро муайян мекунад.

Бинобар он дар замони ҳозира ба қонуни даврий чунин таъриф дода мешавад: **ҳосияти моддаҳои содда, инчунин**

хосиятҳо ва шаклҳои пайвастагиҳои элементҳо ба заряди ядро вобастагии даврӣ доранд.

Аксаран зиёдшавии заряди ядро (яъне зиёдшавии адади протонҳо) ба зиёдшавии бузургии миёнаи массаҳои изотопҳо, ки элементҳо ҳосил мекунанд, яъне массаи нисбии атомҳо меоварад.

Вобаста ба ин ҳолат имконият пайдо шуд, ки Менделеев элементҳоро бо зиёдшавии массаи нисбии атомҳояшон пай дар пай ҷойгир намуда, ҷадвали давриро тартиб диҳад. Бояд қайд кард, ки ин қоида танҳо барои баъзе ҷуфти элементҳо, масалан, Ag ва K, Co ва Ni, Te ва J, Th ва Pa, U ва Np, Pu ва Am иҷро намешавад.

Қонуни даврӣ хусусияти вобастагии функционалии хосияти элементҳоро аз заряди ядро атом нишон медиҳад.

Агар мо дар вақти омӯхтани элементҳо ба талаботҳои зарури рӯя накунем, хосияти даврӣ аниқ, ё тамоман зоҳир нашуданаш мумкин. Бинобар он хосияти элементҳо бояд дар шароитҳои яхела омӯхта ва муқоиса карда шаванд. Чунин хосиятҳое, ки дар онҳо вобастагии даврӣ зоҳир намегардад, хеле кам мебошанд.

### 3.3. СОҲТОРИ ҶАДВАЛИ ДАВРӢ

Вобаста ба тағйирёбии даврии хосияти элементҳо, ҷадвали элементҳои Д.И. Менделеев ба якчанд давр тақсим карда шудааст. Дар ин ҷо рақамҳои тартибии элементҳои якум, пеш аз охири ва охири нишон дода шудаанд. Аз ҳамаи даврҳои мавҷуд буда, I, II ва III даврҳои хурд, як қатори ҳастанд, ки якуми онҳо 2 элемент ва дуюму сеюмаш 8-тоғи элемент доранд. Даврҳои боқимонда калон буда, дар IV ва V 18-тоғи ва дар даври VI 32 элемент ҷойгир шудаанд. Даври VII бо охир нарасидааст.

Ҳар як давр (ғайр аз даври якум) аз металлҳои типӣ (Li, Na, K, Rb, Cs ва Fr) сар шуда бо газҳои инертӣ (газҳои асил) ба охир мерасад. Дар охири даврҳои хурд, бо афзудани заряди

ядро, хосиятҳои металли элементҳо сушт шуда, хосиятҳои ғайриметаллии онҳо меафзояд.

Дар ин даврҳо гази инерти чунин нуқтае ҳаст, ки ғайриметалли типиро аз метали типӣ, ки ибтидои даври оянда аст, ҷудо мекунад.

Дар даври якум ғайр аз гелий (гази инерти) як элементи дигар – гидроген вуҷуд дорад, ки мувофиқи таълимоти қонуни даврӣ бояд ҳам хосияти метали ва ҳам хосияти ғайриметаллиро дошта бошад.

Даврҳои дуқаторан чаҳорум ва панҷум аз даврҳои дуюм ва сеюм бо он фарқ мекунанд, ки декадаи элементҳои гузарандаро дар бар мегиранд: баъд аз элементи дуюми даври VI (Ca) 10 элементи гузарандаи декадаи Sc–Zn ҷойгир шудаанд, баъд аз онҳо бошад 6 элементи асосии боқимондаи давр (Ga–Kr) меоянд. Даври V ҳам дар ҳамин асос сохта шудааст. Азбаски элементҳои ин декадаҳо метали мебошанд, бинобар он қаторҳои ҷуфти даврҳои IV ва V танҳо аз метали иборатанд. Дар байни метали типӣ ва ғайриметаллии типии даврҳои IV ва V мавҷуд будани 16 элемент (ба ҷои 5 элементи даврҳои II ва III) ба он оварда мерасонад, ки элементҳои ҳамсояи даврҳои IV ва V аз якдигар он қадар фарқи калон надоранд.

Ин аз он сабаб мебошад, ки дар қатори Mg–S адади электронҳои беруна якхела набуда, дар қаторҳои Sc–Zn ва Y–Cd ин адад амалан як хел мебошад (ду s-электронҳоро дар назар дошта мешавад).

Ду даври минбаъдаи элементҳо бо он хусусияшон аз дигар даврҳо фарқ мекунанд, ки «изофаҳои» дучанда доранд. Баъд аз элементи дуюми даври VI (Ba) бояд декадаи элементҳои гузарандаи La–Hg ҷойгир бошанд. Аммо баъд аз элементи гузарандаи якум (La) дар як ҳуҷрача якбора 14 элементи дигар (Ce–Li) ишора шудаанд. Баъд аз Li (лутетсий) декадаи Hf–Hg давом карда тамом мешавад. Баъд аз он 6 элементҳои асосии даври VI ҷойҳои худро пай дар пай ишғол мекунанд Tl–Rn. Даври нотамоми VII ҳам бо чунин принцип сохта шудааст. Сабаби алоҳида ҷудо карда шудани элементҳои Ce–Li ва Th–Lr

дар он аст, ки онҳо аз ҷиҳати хосиятҳои худ ҳам ба элементҳои пешоянд La (лантан) ва Ac (актиний) ва ҳам баъни якдигар монанд мебошанд. Бинобар он инҳоро ҳамчун оилаҳои махсуси лантаноидҳо ва актиноидҳо меноманд.

Ба даврҳои тақсимшавии элементҳо ба чунин ҷойгиршавии онҳо меоварад, ки дар сутунҳои вертикалии оилаи элементҳои монанди ҳам шуда, гурӯҳҳои ташкил медиҳанд. Мавҷудияти декадаҳои гузаранда ва лантаноидҳою актиноидҳо ба ташкили се намуни гурӯҳҳои сабаб мешаванд.

Гурӯҳҳои асосиро элементҳои ҳар як давр ташкил мекунанд. Ин гурӯҳҳои аз ҳама дарозтаринанд. Ба гурӯҳҳои асосӣ гурӯҳҳои: Li, Be, B, C, N, O, F ва инчунин гурӯҳҳои газҳои инертӣ (асил) дохил мешаванд.

Элементҳои декадаҳои гузаранда (изофагӣ) гурӯҳҳои якуми иловагиро ташкил медиҳанд. Онҳо нисбатан кӯтоҳ буда, аз даври IV сар мешаванд. Ин элементҳои 10 гурӯҳҳои ташкил медиҳанд: Cu, Zn, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni. Символҳои элементҳои гурӯҳҳои асосӣ ва иловагӣ дар сутуни гурӯҳ аз якдигар ҷудотар навишта шудаанд, то ин ки фарқи кунонида шаванд.

Гурӯҳи III яке аз гурӯҳҳои калонтарини ҷадвали даврист. Дар он 5 элементҳои гурӯҳҳои асосӣ, 4 элементҳои гурӯҳҳои иловагӣ якум ва 28 элементҳои гурӯҳҳои иловагӣ дуюм, яъне ҳамагӣ 37 элемент дохиланд.

Дар худуди ҳар як гурӯҳ хосияти элементҳои гурӯҳҳои асосӣ ва иловагӣ аз якдигар фарқи мекунанд ва фарқиати бо зиёдшавии рақами гурӯҳҳо кам шудан мегирад. Масалан, агар элементҳои гурӯҳҳои мис (Cu, Ag, Au) аз ҷиҳати қамфаъолии худ аз элементҳои гурӯҳҳои литий (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) ба таври кулӣ фарқи кунанд, дар гурӯҳи III фарқи кулӣ гурӯҳҳои асосӣ ва иловагӣ он қадар калон нест.

Ба ҳар ҳол дар баъни элементҳои як гурӯҳ монандиҳои бисёре мавҷуд аст, ки дар асоси онҳо ин элементҳоро ба як гурӯҳ муттаҳид намудаанд.

Чи тавре, ки қайд карда шуд, якчанд намууди ҷадвали даврии элементҳо мавҷуд аст. Бояд қайд кард, ки дар амалия бештар аз варианти кӯтоҳдавраи ҷадвали элементҳо истифода мебаранд. Мувофиқи ин вариант гурӯҳчаҳои асосӣ ва иловагии якум алоҳида ифода наёфта, дар як гурӯҳ дохил мебошанд. Лантаноидҳо ва актиноидҳо гурӯҳчаҳои иловагии дуҷум буда аз ҷадвал берун, ба шакли горизонталӣ, ифода ёфтаанд.

Ғайр аз ин мувофиқи ин вариант газҳои инертиро (асилро) ба гурӯҳи алоҳида не, балки ба гурӯҳи VIII дохил намуданд, ки онҳо ҳамчун элементҳои гурӯҳчаи асосӣ ба ҳисоб мераванд.

### 3.4. СОХТИ ЭЛЕКТРОНИИ ЭЛЕМЕНТҲОИ ХИМИЯВӢ ВА ТАСНИФИ ОНҲО

Вобаста ба сохти электрониашон элементҳо ба чунин гурӯҳҳо тақсим мешаванд: s-, p-, d-, ва f- элементҳо.

Дар атомҳои s -элементҳо s -қабатчаи қабати, берунӣ бо электронҳо пур мешавад. Қабатҳои дохилии электронӣ бетағйир мемонанд. Ин элементҳо 14 намоянда доранд, ки онҳо элементҳои гурӯҳчаҳои асосии Li (6), Be (6) ва гидрогену гелий мебошанд.

Дар атомҳои p-элементҳо электрони охирин дар p -қабатча ҷойгир мешавад. Ин элементҳо 30 намоянда дошта, гурӯҳчаҳои B, C, N, O, F ва Ne-ро ташкил мекунанд, ки ҳар кадоми онҳо 5-тогӣ элементро дар бар мегирад.

Дар атомҳои d-элементҳо, бо электронҳо пуршавии d -қабатчаҳои қабати пеш аз охирин ба амал меояд. Дар қабати берунии ин элементҳо одатан 2 электрон мавҷуд аст (баъзан 1 то ҳам воমেҳурд). Намояндаи ин элементҳо 37-то буда, аз онҳо 10-тогӣ элемент дар даврҳои IV, V ва VI ва 7-то дар даври VII мебошанд.

Дар атомҳои f -элементҳо бо электронҳо пуршавии қабатчаҳои қабати сеюм (аз берун ҳисоб карда) ҷой дорад. Ин элементҳо 28-то мебошанд, ки ба 2 оила: лантаноидҳо ва

актиноидҳо тақсим мешаванд. Дар лантаноидҳо қабатчаи 4f ва дар актиноидҳо қабатчаи 5f бо электронҳо пур мешавад.

Вобаста ба адади электронҳо дар қабати беруниашон, атомҳо ба металлҳо, ғайриметаллҳо ва газҳои инертӣ (асил) тақсим мешаванд. Ба металлҳо элементҳои дохил мешаванд, ки одатан дар қабати берунии электрониашон аз 1 то 3 электрон доранд. Онҳо ионҳои дорои заряди манфӣ ҳосил намекуанд. Шумораи металлҳо ба 81 мерасад, ки аз инҳо: 12 - s-элементиҳо, 28 - f-элементиҳо, 37 - d-элементиҳо ва 4 - p-элементиҳо (Al, Ga, In, Tl) мебошанд. Ғайриметаллҳо элементҳои мебошанд, ки қабати берунии электрониашон аз 4, 5, 6 ва 7 электронҳо иборатанд (ба ғайриметаллҳо инчунин H ва V ҳам дохил мешаванд, ки дар қабати берунии электрониашон 1 (H) ва 3 (V) электрон доранд).

Ғайриметаллҳо қобилияти иони заряди манфидор ҳосилкунӣ зоҳир мекуанд. Онҳо 22 намоянда доранд. Ҳамаи ғайриметаллҳо ба p-элементиҳо таалуқ доранд (ғайр аз H). Газҳои инертӣ (газҳои асил) элементҳои мебошанд, ки дар қабати беруниашон 8 электрон доранд (неон, аргон, криптон, ксенон, радон) ва танҳо элементи гелий (He) дар қабати берунии электрониаш 2 электрон дорад. Намояндаи ин элементҳо 6-то мебошад. Аз инҳо He ба s-элементиҳо, боқимондашон ба p-элементиҳо таалуқ доранд.

Дар қадвали даврӣ элементҳои, ки дар асоси хосияти худ гуруҳҳои асосӣ ё иловагиро ташкил мекуанд, гуруҳҳои монанд мебошанд. Масалан, s-элементиҳо аз ду гуруҳчаи монанд иборатанд:

1) **Гуруҳчаи металлҳои ишқорӣ**, ки бо он Li, Na, K, Rb, Cs ва Fr ( $s^1$ ) дохил мешаванд. Қабати охириини электрони онҳо аз 1-то электрон иборат аст. Онҳо ионҳои мусбати як зарядро ҳосил мекуанд. Дараҷаи оксидшавии манфӣ барои онҳо маълум нест. Валентнокии максималии онҳо ба як баробар аст.

2) **Гуруҳчаи берилӣ, магний ва металлҳои ишқорзаминӣ** ки аз Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra ( $s^2$ ) ташкил ёфтааст. Қабати берунии электрони ин атомҳо аз 2 электронҳо иборат аст. Валентнокии

максималии онҳо дар ҳолати барангехта ба 2 баробар аст. Дараҷаи оксидшайи манфӣ зоҳир намекунад.

P -элементҳо 6 гуруҳчаи монандро ташкил мекунад.

1).**Гуруҳчаи бор:** аз элементҳои B, Al, Ga, In ва Tl иборат буда, конфигуратсияи қабати берунаи электрониашон  $ns^2 p^1$  мебошад (ки дар ин ҷо n- рақами давр аст), яъне аз 3 электронҳо ташкил ёфтааст. Валентнокии максималии онҳо ба 3 баробар буда, ғайр аз бор (B) дигар элементҳои ин гуруҳча заряди манфидорро ҳосил намекунад.

2).**Гуруҳчаи карбон:** аз элементҳои C, Si, Ge, Sn ва Pb иборат буда, конфигуратсияи қабати берунаи электрониашон  $s^2 p^2$  мебошад, яъне ин элементҳо дар қабати берунаи электрониашон 4 электрон доранд. Валентнокии максималии онҳо ба 4 баробар аст. Бузургии дараҷаи оксидшавии мусбӣ ва манфиашон низ ба 4 баробар аст.

3).**Гуруҳчаи нитроген:** аз элементҳои N, P, As, Sb ва Bi ташкил ёфта, қабати берунаи электрониашон конфигуратсияи сохти  $s^2 p^3$  -ро дорад. Яъне дар қабати берунии электрони элементҳо 5-тоғӣ электрон мавҷуд аст. Дараҷаи оксидшавии олии мусбиашон ба 5 ва манфиашон ба 3 баробар аст.

4).**Гуруҳчаи оксигенро** элементҳои O, S, Se, Te ва Po ташкил мекунад, ки қабати берунии электрониашон конфигуратсияи  $s^2 p^4$  -ро дорад. Яъне дар қабати берунаи ин элементҳо 6 электрон давр мезанад. Дараҷаи оксидшавии олии мусбиашон ба 6 (ғайр аз O ва Po), манфиашон ба 2 баробар аст. Оксиген дар пайвастагиҳояш бо фтор дараҷаи оксидшавии мусбати 2-ро низ зоҳир менамояд.

5).**Гуруҳчаи фтор** (галогенҳо) аз элементҳои H, F, Cl, Br, I ва At ташкил ёфтааст. Қабати берунии электрониашон конфигуратсияи  $s^2 p^5$ -ро дорад. Яъне, дар қабати берунии электрони атомҳои ин элементҳо 7 электронҳо (ғайр аз H) давр мезананд. Дараҷаи оксидшавии олии мусбаташон ба 7 ва манфиашон ба 1 баробар аст. Фтор дар пайвастагиҳояш иони заряди мусбатдорро ҳосил намекунад.

Гидроген аз ҷиҳати хосиятҳояш бештар ба галогенҳо наздик аст. Масалан, монанди галогенҳо валентнокии 1-ро зоҳир мекунад. Гидриди металлҳо (масалан  $\text{NaNH}_2$ ) ба галидҳо (масалан  $\text{NaCl}$ ) монанд мебошанд. Ҳар дуи ин пайвастагиҳо ба намакҳо таалуқ доранд.

6). **Гуруҳчаи газҳои инертӣ** (асилро) элементҳои He, Ne, Ar, Kr, Xe ва Rn ташкил мекунанд, ки конфигуратсияи электронии қабати охирини электронҳояшон  $ns^2 np^6$  мебошад (ба ғайр аз He).

То вақтҳои охир чунин мешумориданд, ки атомҳои газҳои инертӣ бо атомҳои дигар элементҳо пайвастагиҳо ҳосил намекунанд, бинобар он валентнокии онҳоро ба нул (сифр) баробар ҳисоб менамуданд. Аммо аз соли 1962 инчониб як қатор пайвастагиҳои ксенон, радон ва криптон бо фтор ва оксиген ҳосил карда шудаанд. Дар ин пайвастагиҳои худ онҳо валентнокии 2,4 ва 6-ро зоҳир мекунанд.

D-элементҳо 10 гуруҳчаро ташкил медиҳанд. Атомҳои ин элементҳо дараҷаи оксидшавии манфӣ зоҳир намекунанд. Валентнокии онҳо ба маҷмуи электронҳои қабати берунӣ ва d-электронҳои қабати пеш аз берунӣ баробар аст.

1). **Гуруҳчаи скандий**: Sc, Y, La, Ac. Конфигуратсияи электронии электронҳои валентиашон  $(n-1) d^1 ns^2$  буда, валентнокии максималиашон ба 3 баробар аст.

2). **Гуруҳчаи титан**. Ба ин гуруҳча элементҳои Ti, Zr, Hf ва резерфордӣ (Rf) таалуқ доранд, ки ба конфигуратсияи электронии  $(n-1) d^2 ns^2$  -ро соҳибанд. Валентнокии максималиашон ба 4 баробар аст.

3). **Гуруҳчаи ванадий** элементҳои V, Nb, Ta ва Db -ро муттаҳид намуда, конфигуратсияи электронҳояшон  $(n-1) d^3 ns^2$  (барои V, Ta) ва  $d^4 s^1$  (барои Nb) мебошад. Яъне дар атоми ниобий (Nb) «фуруравии» як электрон аз s- зерқабат ба d- зерқабат ҷой дорад. Валентнокии максималиашон ба 5 баробар аст.

4). **Гуруҳчаи хром** бо худ элементҳои Cr, Mo, W сиборгӣ (Sg)-ро муттаҳид кардааст. Конфигуратсияи электронӣ барои хром ва молибден  $(n-1) d^5 ns^1$  буда, барои волфрам  $(n-1) d^4 ns^2$  аст. Яъне

дар ин ҷо барои хром ва молибден «фуруравии» электрон хос мебошад. Валентнокии максималиашон ба 6 баробар аст.

5). **Гуруҳчаи манган** аз элементҳои Mn, Tc, Re ва борий (Bh) иборат буда, конфигуратсияи элетронии  $(n-1) d^5 ns^2$  -ро доранд. Валентнокии максималиашон ба 7 баробар аст.

6). **Гуруҳчаи оҳан** элементҳои Fe, Ru, Os ва ҳассий (Hs) -ро муттаҳид кардааст, ки конфигуратсияи элетрониашон  $(n-1) d^6 ns^2$  (барои Fe, Os ) ва  $(n-1) d^7 ns^1$  (барои Ru) мебошад. Дар атоми Ru «фуруравии» электрон мушоҳида карда мешавад. Валентнокии максималиашон 8 (барои Os ва Ru ) ва 6 (барои Fe) мебошад.

7). **Гуруҳчаи 7** аз элементҳои Co, Rh, Ir ва Mt (мейтнерий) ташкил ёфтааст, ки конфигуратсияи элетронии  $(n-1) d^7 ns^2$  (барои Co, Ir ) ва  $(n-1) d^8 ns^1$  (барои Rh ) доранд. Аз ҷиҳати назариявӣ валентнокии максималии элементҳои ин гуруҳча ба 9 баробар аст. Дар амал бошад ин бузургӣ барои Co ва Rh ба 4 ва барои Ir ба 6 баробар аст.

8). **Гуруҳчаи никел:** Ni ( $d^8 s^2$ ), Pd( $d^{10} s^0$ ), Pt( $d^9 s^1$ ). Дар ин ҷо барои атоми Pd «фуруравии» 2 электрон, барои Pt бошад «фуруравии» як электрон мушоҳида карда мешавад. Аз ҷиҳати назариявӣ валентнокии максималиашон ба 10 баробар аст. Амалан бошад барои Ni- 4, Pd- 4, Pt- 6 валентнокӣ маълум аст.

9). **Гуруҳчаи мис:** Си, Ag, Au ( $d^{10} s^1$ ). Қабати беруниашон 1 электрон дошта, қабати пеш аз беруниашон аз 10 электрон иборат аст. Валентнокии максималиашон ба 3 баробар шуда метавонад.

10). **Гуруҳчаи руҳ:** Zn, Cd, Hg ( $d^{10} s^2$ ). Валентнокии максималиашон ба 2 баробар аст.

**d- элементҳо** дар даврҳои I-III элементҳои монанди худро надоранд. Онҳо дар даврҳои IV, V, VI-10 элементи дошта, дар даври VII соҳиби 7 элемент (Ac, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt) мебошанд. Элементҳои ин намуд хосиятҳои махсуси бисёре доранд, ки монандии онҳоро на танҳо бо вертикал, балки бо горизонтал ҳам наздик мекунад.

**f - элементҳо.** Азбаски дар қабатҳои f метавонанд ҳамагӣ 14 электрон ҷойгир шаванд, бинобар он дар даврҳои VI ва VII ду

оилаи ин гуна элементҳо ҷойгир шудаанд. Ҳар як оила дорони 14 элемент мебошад.  $f$  – элементҳои, ки дар даври VI ҷойгир шудаанд – лантаноидҳо ва дар даври VII ҷойгиршуда – актиноидҳо номида мешаванд.

Атомҳои лантаноидҳо чунин конфигуратсияи элетрониро доранд:  $4f^{2-14}5d^06s^2$  ё ин ки  $4f^{2-14}5d^16s^1$  (танҳо барои гадолиний ва лютетсий). Одатан ин элементҳо дар вақти реаксияҳои химиявӣ 3 электрон дода (аз ҳисоби  $s$ - электронҳои қабати беруна 2-то ва 1 то электрони  $d$  ё  $f$  аз қабати пеш аз охири) соҳиби валентнокии максималии 3 мешаванд. Дар атомҳои серий, празеодим ва тербий аз гуруҳчаи  $4f$ - метавонанд 2 электрон канда шаванд, он гоҳ валентнокии максималӣ ба 4 мерасад.

Соҳти электрони актиноидҳо ба лантаноидҳо монанд аст. Аз ҷиҳати хосиятҳои химиявиашон ҳам онҳо монанди лантаноидҳо мебошанд. Азбаски атомҳои актиноидҳо 7 қабати электронӣ доранд, бинобар он электронҳо дар ин атомҳо сулстгар нигоҳ дошта мешаванд. Ба ин нигоҳ накарда, онҳо бештар валентнокии максималии 3-ро зоҳир мекунанд. Намояндаҳои якумини ин гуруҳ метавонанд баъзан валентнокии максималиашонро ба 6 расонанд.

### 3.5. ҶАДВАЛИ ДАВРИ ВА БАЪЗЕ ХОСИЯТҲОИ АТОМҲО

Ғуншавии даврии электронҳо дар атрофи ядро ба тағйирёбии даврии хосиятҳои атомҳо (элементҳо) меоварад. Дар ин сурат валентнокӣ, радиуси атомҳо ва ионҳо, хосиятҳои оксидкунӣ-барқароркунӣ, потенциалҳои ионикунонӣ, қаробат бо электрон, ҳарорати ғудозиш ва ҷушиши элементҳо тағйир меёбанд.

Валентнокӣ аз руи рақами гуруҳе, ки атом дар он ҷойгир шудааст, муайян карда мешавад. Дар даврҳои хурд, вобаста ба миқдори электронҳо дар қабати берунӣ, валентнокӣ аз 1 то 7 шуданаш мумкин. Дар даврҳои калон бошад, тағйирёбии валентнокӣ нисбатан мураккабтар аст. Дар даври IV валентнокӣ

аз 1 то 7 (Mn) зиёд шуда, баъд то 2 кам мешавад (Zn), боз аз нав то 6 зиёд шуда (Se), сонӣ боз то 5 (Br) кам мешавад. Дар даври У зиёдшавии валентноки аз 1 то 8 (Ru), камшавӣ то 2 (Cd) ва боз зиёдшавӣ то 7 (йод) мушоҳида карда мешавад. Дар даврҳои VI ва VII тағйирёбии валентноки боз ҳам мураккабтар аст, бо онҳо оилаҳои лантаноидҳо ва актиноидҳо дохил мешаванд, ки валентнокиашон гуногун аст (2, 4, 6 ва ғайраҳо).

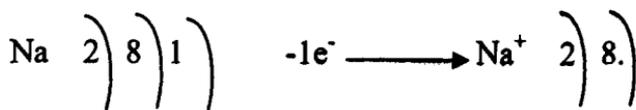
Бояд қайд кард, ки дар баъзе элементҳо вайроншавии қоидаи зиёдшавии валентнокии мусбат мушоҳида карда мешавад (ҷадвали 3).

Ҷадвали 3.

Тағйирёбии валентнокии мусбати баъзе элементҳо

№ гуруҳ	8 В			1В	6 А	7 А	8 А
Валентнокии ҳақиқӣ	Fe	Co	Ni	Cu	O	F	Kr
	6	4	4	3	2	1	4
		Rh	Pd	Ag	Po	Br	Xe
		4	4	3	4	5	8
		Jr	Pt	Au		At	Pn
		6	4	3		5	4

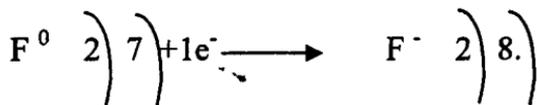
Мувофиқи назарияи Коссел валентнокии мусбат дар атомҳо дар сурате мушоҳида карда мешавад, ки агар онҳо электронҳои валентии худро диҳанд. Ин хосият бештар ба металлҳо тааллуқ дорад. Масалан, атоми Na метавонад дар вақти реаксияҳои химиявӣ 1 электрони валентии худро дода ба иони як заряди мусбат табдил ёбад:



Мувофиқи таълимоти Коссел дар ионҳои мусбат бояд пардаи 8 электрони устувор ба амал ояд, ки онро октет меноманд.

Ҳамин тавр, ионҳои мусбати 2+ ва 3+ заряд ба амал омаданашон мумкин. Аз се электрон зиёдтар қанда гирифтани хеле душвор аст, чунки ин энергияи бисёрро талаб мекунад. Дар ин сурат энергияи барои қандани электрон сарф қарда шуда ба энергияи пайдошавии пайванди химиявӣ баробар нест (зиёд аст). Атоми элементҳои метавонанд валентнокии мусбат аз ин камро ҳам зоҳир кунанд.

Мувофиқи назарияи Коссел атомҳои ғайриметаллҳои барои пайдо қардани конфигуратсияи октетӣ ҳаракат намуда, миқдори электронҳои қабати берунии худро ба 8 мерасонанд ва дар натиҷа ба иони заряди манфидор табдил меёбанд. Масалан, атоми F дар қабати берунии худ 7 электрон дорад. Вай дар реаксияҳои химиявӣ 1 электронро қабул намуда, ба иони манфӣ заряднок табдил меёбад:



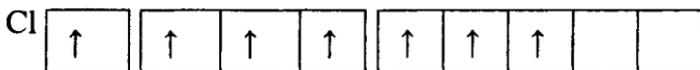
Валентнокии манфӣ ба P-элементи хос буда (ғайр аз Al ва аналогҳои он, газҳои инертӣ), ба 8-и баробар аст (дар ин ҳолат рақами гуруҳе, ки ин P-элемент ҷойгир аст).

Мувофиқи назарияи Льюис-Лондон валентнокии атомҳо аз руи миқдори электронҳои озод (тоқ), ки дар асоси онҳо банди химиявии байни атомҳо ба амал меояд, муайян қарда мешавад.

Вобаста ба ҳолати асосӣ ва барангехтаи атом, миқдори электронҳои озод гуногун шуданаш мумкин, ки ин ба валентнокии тағйирёбанда меорад. Бинобар ин валентнокии ҳолати асосӣ ва барангехтаи атомҳо фарқ мекунанд.

Дар атомҳои, ки конфигуратсияи электронии қабатчаҳои  $s^2$ ,  $p^6$ ,  $d^{10}$  ва  $f^{14}$  ба охир расидаанд, электронҳои озод (тоқ) вучуд надоранд, бинобар он валентнокии онҳо дар шароити муқаррарӣ ба 0 баробар аст. Ба онҳо элементҳои гуруҳи 2A, 2B ва 8A (газҳои инертӣ) мисол шуда метавонанд ва инчунин элементҳои





ҳолати барангехтаи 3, валентноқӣ = 7.

Чӣ тавре, ки мебинем дар атоми хлор ҳуҷрачаҳои холи мавҷуд ҳастанд, бинобар он электронҳои ҷуфти онро бо ёрии энергияи беруна тоқ намуда, валентноқии онро зиёд кардан мумкин аст.

Бояд қайд кард, ки гузаронидани электрон аз як қабати электронӣ ба дигараш энергияи хеле калонро талаб мекунад.

Дар асоси тадқиқотҳои бисёре (Л.Мейер) муайян карда шудааст, ки вобаста ба тағйирёбии массаи нисбии атомҳо, ҳаҷми нисбии онҳо ҳам даврӣ тағйир меёбад. Соҳиби ҳаҷми нисбии калонтарин металлҳои ишқорӣ мебошанд, бинобар он зичии ин элементҳо он қадар калон нест. Бо зиёдшавии массаи нисбии атом аз чап ба рост, ҳаҷми нисбии атомҳо кам шуда, зичиашон меафзояд. Радиуси нисбии атомҳо ва ионҳо аз сохти электроникии онҳо вобаста аст. Барои ҳисоб кардани радиуси атом, фарз мекунем, ки вай шакли курраро дорад. Атомҳо дар моддаҳои кристаллӣ (моддаи содда) бо канорҳои худ расида меистанд. Масофаи байни маркази ду атоми ҳамсоя дар панҷараи кристаллӣ – яке аз константаҳои муҳим буда, номи (константаи) доимии панҷараи кристаллиро дорад ва бо ҳарфи  $d$  ишора карда мешавад. Агар атомҳои ҳамсоя яхела бошанд (масалан, дар моддаи содда), он гоҳ радиуси атом ба  $d/2$  баробар аст. Ин ҳел радиусҳо номи радиусҳои эффективӣ ( $r$  тахминӣ)-ро гирифтаанд.

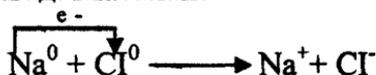
Муайян кардани радиусҳои атомҳои гуногун, ки панҷараи кристаллии моддаи мураккабро ташкил кардаанд, душвортар мебошад. Дар ин сурат бузургии  $d$  (доимии панҷараи кристаллӣ) чунин ёфта мешавад:  $d = r^I_{эфф.} + r^{II}_{эфф.}$

Яъне  $d$  ба суммаи радиусҳои атомҳои гуногун баробар аст. Аз ин ҷо маълум аст, ки барои ёфтани радиуси ягон атоми моддаи мураккаб, донишмандони радиуси атоми ҳамсояш зарур аст. Бо ёрии методҳои оптикӣ Вазаштерн муяссар шудааст, ки

нисбатан радиусҳои ионҳои оксиген ва фтор саҳеҳ муайян карда шавад:  $Z_{F^-} = 1,32 A^0$ ;  $Z_{O^{2-}} = 1,33 A^0$ .

Аз ин бузургӣ истифода бурда, мо метавонем, дар фторидҳо ва оксидҳои гуногун радиуси атомҳои дигарро ҳисоб кунем.

Бояд қайд кард, ки радиуси атомҳои нейтрал аз ионҳо фарқ мекунад. Муайян карда шудааст, ки радиуси атоми мусбат заряднок нисбат ба атоми нейтрал хурд, радиуси атоми манфӣ-заряднок бошад калон мебошад. Чунки атоми мусбат заряднок электрон додааст, атоми манфӣ заряднок бошад электрон қабул мекунад. Радиусҳои атомҳои нейтрал, мусбат ва манфӣ заряднок бо зиёдшавии массаи нисбии атоми элемент ба таври даврӣ тағйир меёбанд. Дар даврҳо бо зиёдшавии заряди ядро радиуси атомҳо хурд мешавад, дар гуруҳҳо бошад баръакс зиёд мешавад, чунки миқдори қабатҳои электронӣ меафзояд. Атомҳои нейтрал хосияти барқароркунандагӣ ва оксидкунандагӣ доранд. Агар ду атоми нейтрал бо ҳам вохӯранд, он гоҳ яке аз ин атомҳо метавонад як ё якчанд электронҳои қабати берунии худро гум кунад, дигар атом бошад метавонад ин электронҳоро бо худ пайваст кунад. Дар ин сурат атоме, ки электронҳои худро медиҳад барқароркунанда ва атоме, ки онҳоро қабул мекунад оксидкунанда номида мешавад. Масалан:



Дар ин ҷо Na - барқароркунанда ва Cl - оксидкунанда мебошанд. Реаксия бошад реаксияи оксидшавӣ - барқароршавӣ номида мешавад.

Маълум аст, ки чи қадар потенциали ионикунонӣ кам бошад, ҳамон қадар атом хосияти барқароркунандагии баланд дорад.

Дар даврҳо аз чап ба рост хосияти барқароркунандагии атомҳо паст мешавад. Бинобар он дар даврҳо барқароркунандаҳои қавитарин – металлҳои ишқорӣ, заифтарин бошад – галогенҳо мебошанд.

Дар гурӯҳчаҳои монанд (аналогҳо) аз боло ба поён бо зиёдшавии радиуси атом потенциали ионикунонӣ кам шуда, қобилияти барқароркунандагии атомҳо меафзояд. Атомҳои, ки дар натиҷаи реаксияҳои химиявӣ электронҳоро қабул мекунанд, оксидкунанда ҳастанд. Қобилияти электронқабулкуниро танҳо ғайриметаллҳо, ки қабати берунаи электрониашон аз 4 ва зиёда электронҳо иборат аст, доранд. Дар ин сурат элементҳо ҳаракат мекунанд, ки қабати охириини электрони худро ба 8 расонанд, то ин ки вай устувор шавад. Дар даврҳо аз тарафи рост ба чап қобилияти электронқабулкунӣ суст мешавад. Аз ҳама осонтар галогенҳо ба худ электрон қабул мекунанд ва онҳо оксидкунандаҳои қавитарин мебошанд.

Энергияи ионикунонӣ яке аз тавсифҳои муҳими атом мебошад ва устувори банди химиявӣ ба он вобастагии калон дорад. Инчунин хосияти барқароркунандагии атомҳо ба энергияи ионикунонӣ алоқамандии калон дорад, чунки: чӣ қадар потенциали ионикунонӣ хурд бошад, ҳамон қадар бо осонӣ атом электрон медиҳад.

Бо монанди дигар хосиятҳои атом энергияи ионикунонӣ ҳам ба таври даврӣ тағйир меёбад.

Агар дар атом ғайр аз электрони омехташаванда дигар электронҳо набошанд, он гоҳ энергияи вай танҳо ба бузургиҳои заряди ядро  $Z$  ва адади асосии квантӣ  $n$  вобаста аст. Дар ин ҳолат, чӣ қадар ки  $Z$  калон ва  $n$  хурд бошад, ҳамон қадар сатҳи энергетикӣ дар системаи як электрона паст буда, электрон устувортар ба ядро пайваस्त аст. Мавҷудияти дигар электронҳо ба ин вобастагии оддӣ тағйиротҳои калон дохил мекунад. Моҳияти ин боҳамтабсиркунии электронҳоро дар асоси ду мафҳуми бо ҳам алоқаманд фаҳмондан мумкин: а) мафҳум дар бораи пардапушкунӣ (экранирование) заряди ядро ва б) мафҳум оид ба дохилшавии электронҳо ба фазои ба ядро наздиктар.

Эффекти пардапушкунӣ аз камшавии таъсири заряди мусбати ядро иборат аст, ки вай дар натиҷаи мавҷудияти электронҳои дигар дар байни электрону ядро омехташаванда

ба амал меояд. Бешубҳа эффекти пардапушкунонӣ бо зиёдшавии адади қабатҳои электроние, ки ядроро иҳота кардаанд, зиёд мешавад.

Эффекти ба назди ядро дохилшавӣ ба шартӣ эҳтимолияти мавҷудияти электрон дар нуқтаҳои гуногуни атом вобаста аст. Бинобар он гуфтан мумкин, ки ҳар як электрони атом дар ягон муддати вақт дар масофаи ба ядро наздиктарин ҷойгир мешавад, ки дар ин ҷо эффекти пардапушкунонӣ нисбатан кам аст. Маълум аст, ки эффекти дохилшавӣ устувории қувваи кашиши электронро бо ядро зиёд мекунад. Умуман аз электронҳои ба ядро бештар наздикшаванда s-электронҳо буда, нисбатан кам—P, камтар—d ва камтарин f- электронҳо мебошанд. Бинобар он дар асоси сатҳи энергетикӣ худ, электронҳо бо пай дар пайи s-, p-, d- ва f- орбиталҳо ҷойгир шудаанд. Дар сурати яхела будани бузургиҳои n ва z энергияи камтаринро s-электронҳо, аз вай бештарро p-электронҳо, баъд d ва f-электронҳо доранд.

Файр аз омилҳои дода шуда ба устувории банди электронҳо бо ядро инчунин қувваи ҳамдигарро теладиҳии онҳо ҳам, ки як қабатро ишғол мекунад, нақши калонро мебозад.

Энергияи ионикунонии атомҳои металлҳои ишқорӣ аз ҳама камтарин буда, чунин бузургиҳоро доранд (эВ): Li = 5,39; Na = 5,14; K = 4,34; Pb = 4,18; Cs=4,89. Кам будани энергияи ионикунонии (потенсиали ионикунонии) металлҳои ишқорӣ бо он вобаста аст, ки электронҳои қабати охирин аз ядроӣ атом бо ёрии пардаи электронии атоми газҳои инертӣ пардапушкунонида мешаванд ва бинобар ин электронҳо бо ядро устувор пайваст нестанд. Камшавии энергия бошад аз боло ба поён дар гурӯҳ ба дуршавии онҳо аз ядро вобаста аст.

Тағйирёбии энергияи ионикунонӣ дар даврҳо чунин мешавад. Масалан, дар даври дуюм элементҳо чунин бузургии энергияи ионикунонӣ доранд (эВ): Li = 5,39; Be = 9,32; B = 8,30; C = 11,26; N = 14,53; O = 13,61; F = 17,42; Ne = 21,56. Ҳамин тавр, дар вақти гузаштан аз Li то Ne зиёдшавии энергияи ионикунонӣ дида мешавад. Ин асосан ба зиёдшавии заряди ядро вобаста аст (чунки адади қабатҳои электронӣ бе тағйир

момонад). Аммо, чӣ тавре, ки дида мешавад дар ин ҷо пай дар пай тағйирёбии энергия мушоҳида карда намешавад. Ин қонуният ба сохти қабати электрони атомҳо вобаста аст. Масалан, дар бериллий, ки конфигуратсияи электрониаш  $1s^2 2s^2$  мебошад, қабати берунии s- пур шудааст, бинобар ин дар элементи оянда (баъд аз бериллий) электрон дар p-қабатча қабул мешавад. P-электрон бошад нисбат ба s-электрон аз ядро дуртар ҷойгир шудааст, бинобар ин энергияи якуми ионикунони бор нисбат ба бериллий дида камтар аст.

Ҳамингуна пай дар пай барои ҳамаи гурӯҳҳо хос мебошад: энергияи камтарини ионикунони элементҳои ишқорӣ ва калонтаринро газҳои асил соҳибанд. Дар металлҳои декадаҳои гузаранда ингуна фарқиати энергияи ионикунони он қадар калон нест.

### 3.6. АҲАМИЯТИ КАШФИ ҚОНУН ВА ҶАДВАЛИ ДАВРИ

Ф.Энгелс кашфиёти Д.И.Менделеев–қонуни даврии элементҳоро «корнамоии илмӣ» номида буда. Ҳоло вақте, ки қонуни даврий яке аз қонунҳои асосии табиат ба шумор меравад, ба кашфиёти Д.И.Менделеев баҳо додан хеле ҳам душвор мебошад. Вақте, ки Д.И.Менделеев қонуни давриро кашф намуд (с.1869) ҳамагӣ 63 элемент маълум буда, массаи нисбии атом ва валентнокии аксарияти онҳо нодуруст муайян карда шуда буданд. Бо вучуди он Д.И.Менделеев дар асоси қонуни даврии кашфкардаш валентноки ва массаи нисбии бисёр атомҳоро ислоҳ намудааст. Ғайр аз ин Д.И.Менделеев дар асоси қонуни даврий мавҷудияти бисёр элементҳо ва хосиятҳои онҳоро пешгӯӣ кардааст.

Қонуни даврий барои фаҳмидани хосиятҳои физикавӣ ва химиявии моддаҳои содда ва мураккаб, ки барои назария ва амалия заруранд, аҳамияти басо калон дорад.

Бояд қайд кард, ки бо вучуди аҳамияти калон доштан, маълумотҳо дар бораи сохти атомҳо, қонуни давриро иваз карда наметавонад. Қонуни даврий имконият медиҳад чунин хосиятҳои

элементҳо ва пайвастигиҳои онҳоро пешгӯӣ ва ҳисоб карда шавад, ки онҳо дар асоси сохти электрони атомҳо ва молекулаҳо ҳисоб карда шуданашон мумкин нест. Агарчанде бо инкишофи илм имконияти ҳисоббарориҳои назариявӣ афзояд ҳам, бартариҳои қонуни даврӣ нисбат ба ин усулҳо бешубҳа боқӣ мемонад.

Мувофиқи таълимоти илмҳои табиатшиносӣ химияро бо физика иваз намудан мумкин нест. Ҳамаи қонунҳои физика дар химия ҳам риоя карда мешаванд, аммо дар химия бошад, чунин қонунҳое мавҷуд аст, ки танҳо ба ҳуди он хос аст. Яке аз ҳамин гуна қонунҳо—қонуни даврӣ мебошад. Агарчанде қонун ва қадвали даврии элементҳо дар шароите, ки атом тақсимнашаванда шуморида мешуд, сохта шуда бошанд ҳам, онҳо яке аз хулосаҳои муҳимтарин дар бораи қонунҳои табиат мебошанд.

Ҳамаи инкишофи минбаъдаи илм: кашф шудани элементҳои нав, муайян намудани хосиятҳои онҳо ва пайвастигиҳояшон, кашфи ҳодисаи радиоактивӣ, изотопҳо, сохтори мураккаби атом, радиоактивии сунъӣ ва дигар муваффақиятҳои илм—танҳо тавонистанд қонуни даврӣро пурзӯр намоянд, паҳлуҳои нави онро нишон диҳанд, мазмуни онро васеъ ва мукамал намоянд. Бинобар он гуфтан мумкин, ки пешбини Д.И. Менделеев «**Ба қонуни даврӣ вайроншавӣ таҳдид намекунад, балки вай пурратар сохта шуда, инкишоф хоҳад ёфт**» дар амал иҷро шуд, иҷро шуда истодааст ва иҷро хоҳад шуд.

Қонуни даврӣ — ин роҳбалади (сарчашмаи) ҳамаи илмҳои химиявӣ мебошад. Ин асосест, ки имконият медиҳад ҳаҷми калони маводҳои амалиро фаҳмида бо ҳам алоқаманд қононида шавад, ин чашмаи адоначаवानдаи кашфиётҳо ва хулосаҳои нав ба нав мебошад.

Чӣ тавре ки Н.Бор навишта буд: «**Қонуни даврӣ — ситораи роҳбаладест барои тадқиқотчиён дар соҳаҳои химия, физика, минералогия, техника ва ғайраҳо**». Қонуни даврӣ ба инкишофи геология, геохимия, физикаи ядрӣ, астрофизика, космология таъсири калоне расонидааст. Қонуни даврӣ— инчунин яке аз

қонунҳои умумии табиат мебошад, ки доимо илмро бӣ мегардонад. Ин яке аз аҳамиятҳои илмӣ-умумии қонуни даврӣ мебошад.

Қонуни даврӣ инчунин аҳамияти беинтиҳои фалсафавӣ дорад. Дар ин қонун ҳодисотҳои бо ҳам алоқамандӣ ва бо ҳам вобастагӣ хеле ҳам хуб ифода ёфтаанд. Ҳамаи элементҳо ҳамчун қисмҳои як занҷир бо ҳам алоқаманданд. Ҳар як элементро танҳо дар алоқамандӣ бо дигар элементҳо, ҳамаи ҷадвали давриро бошад, танҳо дар асоси хосиятҳои элементҳои алоҳида фаҳмондан мумкин аст.

Чунин қонуни табиатро, ки тавонад гузаштани тағйиротти миқдориро ба сифати, пайдошавии хосиятҳои нави элементҳо ва пайвастагиҳои онҳоро ин қадар муайян нишон диҳад, номбар кардан мушкил аст.

Системаи даврии элементҳоро омӯхта истода мо ба чунин хулоса меоем, ки вай мисолҳои равшани исботи қонуни ягонагӣ ва муборизаи бо ҳам зидҳоро, ки ядроии диалектикаро ташкил медиҳад, дар худ дорад: даврҳои элементҳои хосиятҳои гуногунро муттаҳид кардаанд ва ин элементҳо метавонанд вобаста ба шароити муҳит бо тарзҳои гуногун таъсир кунанд. Масалан, сулфур метавонад ҳам оксидкунанда ва ҳам барқароркунанда бошад, арсен метавонад хосиятҳои металии ва ғайриметаллиро зоҳир кунанд ва ғайраҳо.

Барои исботи қонуни асосии сеюми диалектика – қонуни инкорӣ инкор ҳам аз системаи даврӣ мисолҳои гуногун овардан мумкин аст. Масалан, гузаштан аз як давр ба даври дигар, ки ба ташкилҳои қабати нави электронӣ меорад – ин такроршавӣ дар раванди инкишофи зинаҳои гузашта дар асоси нав, дар дараҷаи олии мебошад.

## БОБИ IV. БАНДИ ХИМИЯВӢ

### 4.1 ПАЙДОИШ ВА ИНКИШОФИ ТАЪЛИМОТ ОИД БА БАНДИ ХИМИЯВӢ ВА ВАЛЕНТНОКӢ

Кушишҳои аввалин оид ба ифодаи назарияи банди химиявӣ ба аввалҳои асри XIX дахл доранд. Дар ин вақт олими швед Бергман ва олими франсуз Бертолле таълимотеро пешниҳод намуданд, ки мувофиқи он гуё таъсири мутақобилаи ҳиссаҷаҳо аз таъсири қувваи умумиҷаҳонӣ ба амал меомадааст. Аммо дертар маълум шуд, ки ин ақида ба танқид тоб оварда наметавонад. Пеш аз ҳама барои он, ки қаробати химиявӣ ба массаи атомҳои молекула ҳосилкунанда мутаносиб нест. Масалан, атоми симоб аз атоми гидроген дида қариб 200 маротиба вазнинтар аст, лекин пайвастагии оксиген бо гидроген нисбат ба пайвастагии симоб бо оксиген дида чандин маротиба устувортар аст. Ғайр аз ин, қувваи ҷозибавии ҷаҳонӣ дар масофаҳои гуногун амал мекунад, таъсири қувваҳои химиявӣ бошанд танҳо дар масофаҳои муайян (аз 0,5 то  $3A^0$ ) имконпазир аст. Қувваи ҷозибавии ҷаҳонӣ сернашаванда аст, бинобар ҳиссаҳои фазогӣ (сайёраҳо) гуруҳҳои калонеро ташкил медиҳанд. Қувваҳои химиявӣ бошанд хосияти сершавандагиро доранд. Масалан, ба як атоми гидроген танҳо як атоми дигари гидроген пайваст мешаваду тамоми (атоми сеюм бо онҳо пайваст шуда наметавонад). Ғайр аз он қувваҳои химиявӣ аз қувваҳои гравитатсионӣ (ҷозибавии ҷаҳонӣ) бо самти муайяни пайвастшавии худ дар фазо низ фарқ мекунад. Агар қувваҳои гравитатсионӣ бо ҳамаи ҳиссаҳо таъсир кунанд, он гоҳ қувваҳои химиявӣ-маҳсус (интихобӣ) мебошанд. Масалан, атоми хлор метавонад бо миқдори муайяни атомҳои хлор ва ё натрий таъсир намуда, лекин бо атоми гелий таъсир нанамояд. Умуман устувории банди химиявӣ барои ҳар як атоми элементи мазкур дар пайвастагиҳои гуногун ҳар хел мебошад.

Ҷамаи навиштаҳои боло беасос будани назарияи гравитатсионии Бергман-Бертоллоро оид ба банди химиявӣ нишон медиҳанд.

Таълимоти гравитатсионии Бергман-Бертоллоро оид ба банди химиявӣ дертар назарияи электрохимиявии олими швед Берселиус иваз намуд (1810). Мувофиқи ин таълимот атоми ҳар як элемент соҳиби ду қутб – мусбат ва манфӣ мебошад. Аз он чумла дар баъзе атомҳои қутби мусбат ва дар дигарашон қутби манфӣ зиёд шуданаш мумкин.

Ҷамин тавр, масалан, пайваستшавии магний бо оксиген чунин фаҳмонида мешуд, ки гуё магний соҳиби қутби мусбат ва оксиген соҳиби қутби манфӣ ҳастанд ва бинобар онҳо ба якдигар кашида шуда пайвастагии химиявӣ ҳосил мекунанд. Аммо тадқиқотҳои минбаъда камбудии бисёр доштани ин таълимотро нишон дод. Масалан, мувофиқи ин таълимот қувваҳои бо ҳам кашиши моддаҳо, рангнокии онҳо, ҳосиятҳои килогай, асосӣ ва ғайраҳои фаҳмонидан аз имкон берун аст. Ғайр аз ин, масалан, ҳосилшавии молекулаҳои  $H_2$ ,  $Cl_2$  ва ғайраҳои аз атомҳои як хел қутб дошта дар асоси ин таълимот фаҳмидан мушкил аст.

Сонитар дар солҳои 40-уми асри XIX олимони франсуз Дюма ва Жерар назарияи «типҳои»-ро оид ба банди химиявӣ пешниҳод намуданд. Мувофиқи ин назария ҳосиятҳои химиявии моддаҳо ба табиати атомҳои таркиби молекула вобаста набуда, танҳо ба аналогияи таркиби молекулаҳои моддаро ташкилдиҳанда вобаста аст. Онҳо бо ёрии ин таълимот мехостанд, ки назарияи банди химиявиро танҳо дар асоси таркиби моддаҳо барпо кунанд. Онҳо моддаҳои органикии гуногунро ҳосилаҳои якчанд моддаҳои ғайриорганикӣ мешуморанду тамом. Масалан, спирти этил ( $C_2H_5OH$ ) ва эфири диэтилро ( $C_2H_5OC_2H_5$ ) ба типҳои  $H_2O$  дохил кунонида мегуфтанд, ки онҳо дар натиҷаи пай дар пай иваз намудани атомҳои гидроген молекулаи об бо гурӯҳҳои ( $-C_2H_5$ ) ҳосил шудаанд ва ғайраҳо.

Бешубҳа маълум аст, ки дар асоси ин таълимот сохт ва як қатор хосиятҳои моддаҳои гуногунро фаҳмонидан имоннопазир аст.

Дар соли 1852 олими англис Франкланд дар асоси омехтани ҳосилшавии баъзе пайвастагиҳои металлорганикӣ ба монанди:  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ ,  $(\text{CH}_3)_4\text{Sn}$  ва ғайраҳо ба илм мафҳуми валентнокӣ (атомнокӣ)-ро дохил намуд. Мувофиқи ақидаи Франкланд валентнокӣ (атомнокӣ) гуфта қобилияти атомро, ки ба худ миқдори муайяни атомҳои дигар элементро қабул мекунад, меноманд.

Агар мо валентнокии гидрогенро ба як (1) баробар гуфта қабул намоем, он гоҳ валентнокии дигар элементҳо ададе хоҳад буд, ки вай бо чанд атоми гидроген (ё ягон элементи яқвалентаи дигар) пайваст шудани онҳоро нишон медиҳад.

Бузургии валентнокӣ ба ҳолати элементи додашуда, ба табиати элементи ба вай таъсиркунанда, ба шароите, ки ин боҳамтаъсиркунӣ мегузарад вобаста аст. Дар ҳамин асос Франкланд ҳамаи элементҳоро ба ду гурӯҳи асосӣ тақсим намуд. Ба гурӯҳи якум элементҳое дохил мешаванд, ки валентнокиашон доимӣ аст. Масалан, металлҳои ишқорӣ, ишқорзаминӣ. Ба гурӯҳи дуюм элементҳое дохил мешаванд, ки валентнокии ивазшаванда доранд, масалан: P, S, Cl, Sn ва ғайраҳо.

Таълимоти «валентнокии» Франкланд бешубҳа қадами прогрессивие дар инкишофи назарияи банди химиявӣ буд. Аммо яке аз нуқтаҳои баландтарин оид ба назарияи банди химиявӣ – ин таълимоти А.М.Бутлеров оид ба сохти молекулаҳо мебошад. Дар соли 1864 А.М.Бутлеров чунин таълимотро пешкаш намуд, ки мувофиқи он:

а) атомҳо дар молекулаҳо бо ҳамдигар бо тартиби муайяне пайваст шудаанд;

б) пайвастшавии атомҳо дар асоси валентнокии онҳо ба амал меояд;

в) хосиятҳои моддаҳо на танҳо ба табиат ва миқдори атомҳои онҳоро ташкилдиҳанда, балки бо тарзи ҷойгиршавии онҳо дар модда ҳам, яъне ба сохти химиявии молекула ҳам, вобаста аст.

Бояд қайд намуд, ки ин таълимоти пешқадамтарин оид ба сохти молекулаҳо буда, то ҳоло қимати худро гум накардааст.

Мувофиқи таълимоти ҳозиразамон оид ба банди химиявӣ, дар пайдошавии он ҳиссаҷаҳои зерин иштирок мекунанд: молекулаҳо, ионҳо ва радикалҳои озод.

**Молекула** гуфта ҳиссаҷаи хурдтарини нейтралӣ моддаи додасударо меноманд, ки соҳиби хосиятҳои химиявии он модда буда, мустақилона вучуд дошта метавонад. Молекулаҳо якатома, дуатома ва умуман бисёратома шуда метавонанд.

**Ион** гуфта чунин ҳиссаҷаи заряднокеро меноманд, ки дар он миқдори электронҳо нисбат ба миқдори протонҳо дида зиёдтар ё камтар мебошад. Агар атом соҳиби электронҳои барзиёд бошад, онро **анион** меноманд, агар атом аз муқаррарӣ кам электрон дошта бошад - **катион** меноманд. Аз ин рӯ заряди анионҳо манфӣ буда, заряди катионҳо мусбат мебошад.

Дар моддаҳо ионҳои мусбат дар якҷоягӣ бо ионҳои манфӣ вучуд доранд. Азбаски қувваҳои электростатикӣ байни ионҳо бузург мебошад, бинобар барзиёдии ягон ионро ба амал овардан дар моддаҳо имконнопазир аст.

**Радикали озод** гуфта ҳиссаҷаеро меноманд, ки соҳиби валентнокии носер аст, яъне дорой элетрони тоқ мебошад. Ба ин гуна ҳиссаҷаҳо –  $\text{CH}_3$  ва –  $\text{NH}_2$  мисол шуда метавонанд. Одатан ин ҳиссаҷаҳо муддати дарозе вучуд дошта наметавонанд. Онҳо дар равандҳои (реаксияҳои) химиявӣ нақши хеле калонро мебозанд. Ба амал омадан ва гузаштани бисёр реаксияҳои химиявӣ бе иштироки онҳо имконнопазир аст.

## 4.2. ТАВСИФҲОИ АСОСИИ БАНДИ ХИМИЯВӢ

Параметрҳои (бузургиҳои) асосии молекула: а) дарозии банди байни атомҳо (масофаи байни ядровӣ), б) кунҷи валентӣ, ки дар молекулаҳо дар натиҷаи бо ҳампайваستшавии атомҳо ба амал омадаанд, инчунин в) энергияи банд, ки устувории молекуларо нишон медиҳад, мебошанд.

1. Дарозии банди химиявӣ гӯфта, масофаи байни ядроҳоро меноманд, ки ҳолати устувори молекуларо нишон медиҳад. Дар ин ҳолат қувваи боҳамкашӣ бо қувваи теладиҳӣ баробар буда, энергияи потенциалӣ камтарин аст.

Дарозии банди химиявиро бо ҳарфи  $d$  ишора карда, онро дар асоси радиусҳои атомӣ ё ионӣ, ё ин ки тахминан дар асоси муайян намудани андозаи молекула бо ёрии адади Авогадро меёбанд.

Масалан, ҳаҷми молекулаи об чунин аст:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{18}{6,023 \cdot 10^{23}} = 29,7 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3, \quad V = d^3.$$

$$\text{Аз ин ҷо:} \quad d_{\text{H}_2\text{O}} = \sqrt[3]{29,7 \cdot 10^{-24}} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ см} \approx 3 \text{ \AA}.$$

Ҳақиқатан ҳам дарозии банди химиявӣ дар молекулаи об, ки бо усулҳои дигар муайян карда шудааст, тахминан бо  $1 \text{ \AA}$  баробар аст.

Бузургии  $d$ -ро тахминан инчунин бо ёрии формулаи зерин ҳам муайян мекунанд:

$$d_{\text{A-B}} = \frac{d_{\text{A-A}} + d_{\text{B-B}}}{2}.$$

Ин формула ба он асоснок кунонида шудааст, ки ҳар як атом дар пайдоиши банди химиявӣ ҳиссаи муайянеро мегузорад.

Дар вақтҳои охир бо ёрии методҳои навтарин (моменти диполӣ, рентгеноструктурӣ, электронографӣ, спектралӣ) дарозии банди химиявии бисёр пайвастагиҳо муайян карда шудааст. Бо ёрии ин методҳо маълум карда шуд, ки дарозии банди химиявӣ ( $d$ ) дар молекулаҳои  $\text{H}_2 = 0,74$ ,  $\text{N}_2 = 1,09$  ва  $\text{O}_2 = 1,21 \text{ \AA}$  мебошад.

Тағйирёбии радиусҳои атомӣ ва ё ионӣ дар ҳамаи даврии элементҳо, инчунин ба тағйирёбии дарозии банди химиявӣ меоварад. Масалан, барои молекулаҳои  $\text{H}_X$  ( $X = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) мо чунин тағйиротро мебинем:

$$\text{H-F} = 0,92 \text{ \AA}; \quad \text{H-Cl} = 1,28 \text{ \AA}; \quad \text{H-Br} = 1,42 \text{ \AA}; \quad \text{H-I} = 1,62 \text{ \AA}.$$

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки агар ҳолати валентнокии элемент тағйир наёбад, дарозии банди химиявӣ дар пайвастагиҳои гуногуни вай қариб бетағйир мемонад.

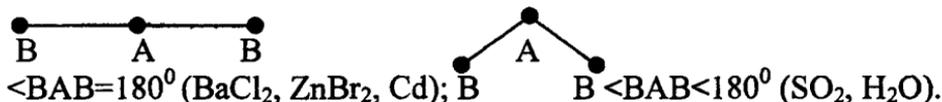
Дар вақти гузаштан аз банди содда ба банди дучанда, масофаи байни ядроҳо кӯтоҳ мешавад, ки ин ба устуворшавии банд меоварад.

**2. Кунҷҳои валентӣ.** Бузургии кунҷҳои валентӣ ба табиати атомҳо ва хусусияти банд вобаста аст. Бо зиёдшавии атомҳо дар таркиби молекула (молекулаҳои мураккаб) ҷойгиршавии атомҳо шаклҳои гуногунро мегирад.

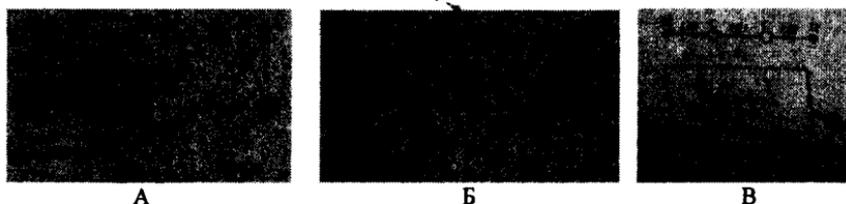
Масалан, барои молекулаҳои  $A_2$  ё  $AB$ :



Барои молекулаҳои сеатома ( $BAB$  ё  $AB_2$ ):



Барои молекулаҳои 4,5 ва бисёратома ин шаклҳо боз ҳам гуногунтар мешаванд (расми 12).



Расми 12. Конфигурасияҳои кунҷҳои валентӣ барои молекулаҳои бисёратома:  
 А) барои молекулаҳои намуди  $AB_3$ ; Б) барои молекулаҳои намуди  $AB_4$ ;  
 В) сохти молекулаҳои атсителен ва пероксиди гидроген.

**3. Ченаки устувории банди химиявӣ энергияе мебошад, ки дар вақти вайрон кардани банд сарф мешавад ва ё дар вақти ба амал омадани банд хорич мешавад. Ин энергияҳо аз ҷиҳати бузургиҳо як хел буда, аз ҷиҳати аломат муқобиланд. Энергияи кандашавии банди химиявӣ (энергияи диссоциатсияи банд) барои молекула ҳама вақт мусбӣ буда, энергияи ҳосилшавии**

банд бошад, манфӣ аст. Дар ин ҷо ҳамчун энергияи тағйирёбии энталпия дар назар дошта шудааст.

Барои молекулаҳои дуатома энергияи банди химиявӣ бо бузургии худ ба энергияи диссоциатсияи ин молекула баробар аст. Барои молекулаҳои бисёратома бошад ( $AB_n$ ) энергияи миёнаи банди химиявӣ ба  $1/n$  ҳиссаи энергияи пурраи ҳосилшавии пайвастагӣ аз атомҳо баробар аст.

Масалан, энергияе, ки дар реаксияи



фуру бурда мешавад ба 1663 кҶ/мол баробар аст. Азбаски дар молекулаи метан ҳамагӣ 4 банди баробарқимат ҳастанд, бинобар энергияи миёнаи банди химиявӣ ба

$$E_{c-n} = \frac{1663}{4} = 415 \text{ кҶ/мол баробар мешавад.}$$

Агар ҷараёни кандашавии бандҳои химиявӣ якбора не, балки дар натиҷаи пай дар пай кандашавии атомҳо ба амал ояд, он гоҳ энергияҳои ин зинаҳо як хел намешаванд. Ин чунин маъноро дорад, ки дар натиҷаи кандашавии ягон атом, дар қисми боқимондаи молекула мақоми ядровӣ ва электронӣ тағйир меёбад, ки вай ба дигаршавии энергияи бо ҳамтаъсиркунии атомҳо дар молекула меоварад. Дар ин сурат ҳолатҳои гуногун ба амал омаданаш мумкин. Агар кандашавии як банд ба суштшавии банди дигар оварад, он гоҳ энергияи пай дар пай кандашавӣ кам мешавад. Ба чунин кандашавӣ банди химиявии  $H_2O$  мисол шуда метавонад. Барои канда шудани атоми якуми гидроген аз  $H_2O$  494 кҶ/мол, барои атоми дуюм – 427 кҶ/мол энергия сарф мешавад.

Агар кандашавии як банд ба мустақкамшавии банди боқимонда оварад, он гоҳ энергияи кандашавии пай дар пайи бандҳо зиёд мешавад. Масалан, барои кандашавии атомҳои хлор аз  $AlCl_3$  чунин энергияҳо сарф мешавад: 381, 398, 498 кҶ/мол.

Раванди (ҷараёни) кандашавии бандҳои химиявӣ аз ин ҳам мураккабтар шуданаш мумкин. Масалан, энергияи пай дар пай кандашавии атомҳои гидроген аз молекулаи  $CH_4$  чунин шуданаш мумкин: 427, 368, 519, 335 кҶ/мол.

Аммо, бояд қайд кард, ки барои моддаҳои гуногун бузургии миёнаи арифметикии энергия ба энергияи миёнаи банди химиявӣ мувофиқ меояд, масалан барои  $\text{CH}_4$ :

$$E_{\text{с-н}} = \frac{427 + 368 + 519 + 335}{4} = 414 \text{ кҶ/мол.}$$

### 4.3. МУАЙЯН КАРДАНИ СОХТОРИ МОЛЕКУЛАҶО

Чӣ тавре ки дар боло қайд карда шуд А.М. Бутлеров дар асоси назарияи сохти химиявӣ сохтори муайян доштани молекулаҷоро (моддаҳои органикӣ) нишон дода, методҳои химиявиеро, ки бо ёрии онҳо сохти молекула муайян карда мешавад, пешниҳод кардааст. Методҳои химиявии тадқиқоти сохторҳо инчунин барои муайян кардани сохти пайвастагиҳои комплексӣ ҳам, ки яке аз синфҳои муҳими моддаҳои органикӣ мебошад, қор карда баромада шудааст. Бо ёрии методҳои химиявӣ сохти миқдори бисёри моддаҳо муайян карда шудаанд. Ин далелҳо дар қатори натиҷаҳои омӯхтани хосияти пайвастагиҳо ва қонуниятҳои тағйирёбии онҳо яке аз асосҳои мебошанд, ки роҳи инкишофи илми химияро муайян кардаанд.

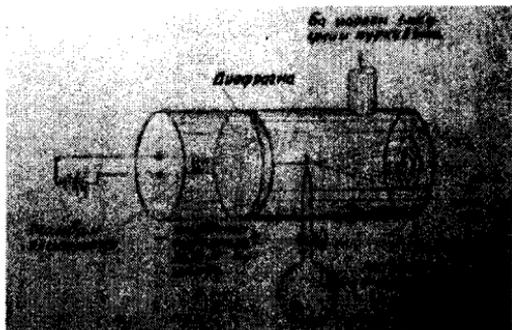
Методҳои химиявии тадқиқи сохти молекулаҷо дар замони ҳозира ҳам васеъ истифода бурда мешаванд, аммо дар баробари онҳо инчунин як қатор методҳои физикавии омӯхтани сохтори молекулаҷо мавҷуданд.

Яке аз методҳои физикавие, ки барои иҷрои ин мақсад васеъ истифода бурда мешавад, **методи электронографӣ** мебошад.

Дар методи электронографӣ аз ҳодисаи дифраксияи электронҳо дар молекула истифода бурда мешавад. Моҳияти ин метод аз он иборат аст, ки электронҳо ба монанди дигар микроҳиссаҷо хосияти мавҷӣ доранд. Бинобар ин дар вақти вохӯрдани дастаи электронҳо, ки дорои дарозии мавҷи муайяни Де Бройл ( $\lambda$ ) мебошанд бо монетаи ҳамон хел андоза дошта, **ҳодисаи дифраксия** ба амал меояд.

Омузиши дифраксияи электронҳо дар асбобе, ки **электронграф** ном дорад, гузаронида мешавад. Бо таври схема принципи кори ин асбоб дар расми 13 акс ёфтааст.

Расми дифраксионие, ки дар лавҳаи фотографӣ ҳосил мешавад, **электронграмма** ном дошта, аз доғи марказии электронҳо ҳосил мешавад, ки он аз ҳалқаҳои шиддатнокиҳои гуногун дошта, дар лавҳаи фотографӣ акс ёфтани электронҳои бо кунҷҳои гуногун пайдо шаванда, иборат мебошад. Тағйирёбии шиддат дар электронграмма вобаста ба кунҷи  $\theta$  (тета) қатъӣ муайян мебошад, ки ба сохти молекулаи моддаи тадқиқшаванда вобаста аст.



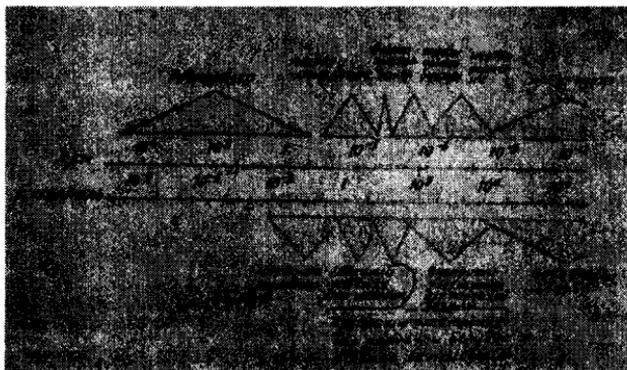
Расми 13. Схемаи сохти электронграф

Бояд қайд кард, ки методи **электронграфӣ** на қама вақт барои омӯхтани сохтори молекула татбиқшаванда аст. Бо ёрии ин метод мо метавонем бо душвориҳои зиёде мавқеи атомҳои гидрогенро дар молекула муайян кунему тамом. Дар вақти омӯхтани сохтори молекулаҳои мураккаб, ки гурӯҳҳои гуногуни атомҳоро доранд, бо ёрии ин метод ба душвориҳои зиёде дучор шудан мумкин.

Методи дигаре, ки барои омӯхтани сохтори молекулаҳо истифода бурда мешавад, ин омӯхтани спектри **фурӯбарии** молекулаҳо мебошад. Барои ин аз қабати моддаи тадқиқшаванда ʀӯшноиро гузаронида бо ёрии **спектрограф** мавҷҳои аз тарафи молекула **фурӯбурдашавандаро** муайян мекунанд. Молекула **кванти** ( $h\nu$ -аш ну) нурҳоро **фурӯ бурда**, аз як ҳолати энергетикӣ бо дигараш мегузарад. Дар ин ҳолат он **квантҳои** **фурӯ бурда** мешаванд, ки энергияшон ба энергияи ин гузаришҳо баробар аст. Ҳамин тавр, спектри **фурӯбарӣ** ба монанди спектри **эмиссионӣ** имконият медиҳад, ки дар бораи **сатҳҳои** энергетикӣ молекулаҳо муҳокима ронем.

Вобаста ба ақидаҳои дар боло зикр шуда се намуди спектрҳои молекулавиرو фарқ мекунад: а) спектрҳои гузариши электронӣ, спектрҳои лаппиш ё вибраторсионӣ ва спектрҳои чархзананда ё ротаторсионӣ. Дар расми 14 энергия ва дарозии мавҷи нурбарорӣ, ки ба тағйиротҳои гуногуни ҳолати молекулаҳо мувофиқ меоянд, нишон дода шудааст.

Чи тавре, ки дида мешавад, спектри бо чашм ноаён майдони на он қадар калонеро ишғол мекунад. Нурҳои, ки дарозии мавҷашон кӯтоҳ аст, аз ҳама зиёд энергия доранд. Умуман нурҳо бо камшавии энергия худ чунин ҷойгир шудаанд: майдони ултрабунафш > майдони бо чашм ноаён > майдони инфрасурх > майдони микромавҷӣ > майдони радиомавҷӣ.



Расми 14. Дарозии мавҷ ва энергияҳои намудҳои гуногуни нурҳои электромагнитӣ

Бузургии аз ҳама камтаринро энергия гузаришҳои чархзананда доранд, барои онҳо нурбарорӣ майдони инфрасурхи дур хос мебошад.

Энергияи гузаришҳои лаппишӣ (вибраторсионӣ) нисбат ба энергияи гузаришҳои чархзанӣ даҳҳо маротиба зиёд аст, ин нурбарорӣҳо дар мавқеи инфрасурхи наздик ҷойгир шудаанд.

Тағйирёбӣ дар ҳаракати лаппишнокии молекулаҳо доимо тағйироти гузариши чархзаниро ба амал меорад, бинобар ин спектри лаппишӣ ба монанди спектри чархзанӣ «бо намуди тоза» мушоҳида карда нашуда, онҳо якҷоя спектри лаппишию-чархзаниро ҳосил мекунад.

Ба гузариши электронҳо дар молекулаҳо, чи тавре ки дар атомҳо буд, энергия ба якҷанд электронволт баробар буда рост меояд, дар ин ҳолат нурбарорӣ аз спектрҳои бо чашм ноаён ё

ултрабунафш иборат аст. Гузариши электронҳо дар молекулаҳо ба тағйирёбии ҳаракатҳои лапшишӣ ва ҷарҳзананда сабаб мешавад. Ҳамаи ин ба спектре, ки маҷмуи ҳамаи тағйиротҳои энергетикиро нишон медиҳад, ифода меёбад.

Омуҷтани спектриҳои молекулавӣ дар бораи молекулаҳо, аз он ҷумла дар бораи структураи онҳо, бисёр маълумотҳои муҳимро медиҳад. Дар ҷадвали 4 маълумотҳо оид ба сохти баъзе молекулаҳо, ки дар асоси методҳои гуногун муайян карда шудаанд, ҷамъ оварда шудаанд.

Ҷадвали 4

**Натиҷаҳои таҳлили электронографӣ ва спектралӣ оид ба сохти баъзе молекулаҳо**

МОЛЕКУЛАҲО	Масофаи байни ядроҳо, Å <sup>0</sup>	
	методи электронографӣ	методи спектралӣ
Cl <sub>2</sub> : Cl - Cl	2,01	1,988
CO <sub>2</sub> : O = C = O	1,13	1,16
SO <sub>2</sub> : O = S = O	1,43	1,432
H <sub>2</sub> O : H - O - H	-	0,958

Аз ҷадвал дида мешавад, ки натиҷаҳои электронографӣ ба натиҷаҳои тадқиқи спектралӣ сохти молекула амалан мувофиқ меоянд.

Ғайр аз методҳои электронографӣ ва спектралӣ барои муайян кардани структураи молекулаҳо методи таҳлили рентгеноструктурӣ ҳам аҳамияти калон дорад, ки дар ин бора сонитар махсус суҳан меронем.

#### **4.4. САБАБИ БА АМАЛ ОМАДАНИ БАНДИ ХИМИЯВӢ ВА НАМУДҲОИ ОН**

Умуман сабаби ба амал омадани банди химиявӣ аз камшавии энергияи электронии молекулаи ҳосилшаванда нисбат ба маҷмуи энергияҳои атомҳои гирифташуда иборат мебошад. Энергияи электронии молекула аз маҷмуи энергияҳои кинетикии электронҳо ва потенциалии:

а) ҳар як электрон бо электрони дигар;

б) ҳар як ядро бо ядрои дигар;

в) ҳар як электрон бо ядрои дигар;

иборат мебошад.

Агарчанде ҳамаи боҳамтаъсиркуниҳои электронӣ дар молекулаҳо хусусияти электростатикӣ дошта бошанд ҳам (яъне бо табиати худ боҳамтаъсиркунии кулониро доранд), аз сабаби хосияти мавҷӣ доштани электронҳо, боҳамтаъсиркунии зарядҳои нуқтагиро не, балки абрҳои электрониро ифода мекунанд.

Муайян карда шудааст, ки дар вақти ҳосилшавии банди химиявӣ энергияи потенциалии электронҳо зиёд шуда, энергияи кинетикиашон кам мешавад.

Бояд қайд кард, ки баланси энергетикӣ молекула аз ҳисоби якчанд омилҳо ба амал меояд, ки муҳимтаринаш тағйирёбии энергия ва намуди орбиталҳои атомӣ, дар вақти боҳамтаъсиркунии химиявӣ атомҳо, мебошад. Исбот карда шудааст, ки дар вақти наздикшавӣ ва бо ҳам пӯшида шудани абрҳои электронӣ, онҳо ба як қатор тағйиротҳо дучор мешаванд.

1). Андозаи абрҳои электронӣ дар натиҷаи қувваи аз ҳамталадиҳии байниэлектронӣ хурд мешавад, ки дар натиҷа энергияи кинетикӣ электронҳо кам мешавад.

2). Хусусияти доирашакли зичии электронӣ нест шуда, абр як қадар ба тарафи ядроӣ ҳамсоя кашида мешавад, ки ин ба камшавии энергияи потенциалӣ аз ҳисоби боҳамаъсиркунӣ ба ядроӣ дуҷум меоварад. Чун тағйирёбии абрҳои электрониро - дигаргуншавӣ ва ин ҳолати атомро - ҳолати дигаргуншуда меноманд. Ин дар ҳолате ба амал меояд, ки агар атом ба таркиби молекула дохил шавад. Чӣ тавре, ки маълум аст дар ин қувваҳои ба ҳамкашии атомҳо ва устувории молекула дар як қатор моддаҳои ғайриорганикӣ ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{KJ}$ ,  $\text{AgNO}_3$  ва ғайраҳо) аз як тараф ва қувваҳои кашиши атомҳо дар моддаҳои органикӣ аз тарафи дигар фарқи калон дида мешавад.

Ба амал омадани ин ё он бандӣ химиявӣ бо он фарқ мекунад, ки электронҳо бо таври гуногун бо ҳам таъсир

мекунанд. Дар ҳосилшавии молекулаҳои нейтрал ё ионҳои комплексӣ танҳо электронҳои қабати беруна (атомҳои S ва P элементҳо) ва электронҳои ба қабати беруна наздик (атомҳои d ва f элементҳо) иштирок мекунанд.

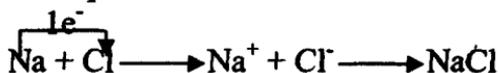
Ҳамин тавр, хосияти моддаҳо дар асоси таркиби химиявӣ, тартиби онҳо муайян карда мешавад. Назарияи сохти атомҳои имконият медиҳад, ки механизми ҳосилшавии молекула ва табиати банди химиявӣ муайян карда шавад.

Намудҳои муҳимтарини банди химиявӣ инҳо мебошанд: банди ионӣ (электровалентӣ), банди ковалентӣ (атомӣ), банди координатсионӣ ва гидрогенӣ.

#### 4.5. БАНДИ ХИМИЯВИИ ИОНИ Ё ЭЛЕКТРОВАЛЕНТИ

Дар вақти бо ҳам воҳурии атомҳо гузаштани электронҳо аз як атом ба атоми дигар ба амал омада, дар натиҷа ионҳои дорои заряди гуногун ҳосил мешаванд. Ин ионҳои заряди гуногундошта ба якдигар кашида шуда молекулаҳои нейтралро ҳосил мекунанд. Чунин бандҳои химиявие, ки аз ҳисоби гузаштани электронҳо аз як атом ба атоми дигар ба амал меоянд, бандҳои ионӣ ё электровалентӣ номида мешаванд.

Мисол:



Мувофиқи таълимоти банди ионӣ аз ҳама конфигуратсияи электронии устувортарини атом чунин мебошад, ки агар дар қабати охири электронӣ 2,8 ё 18 электрон бошад.

Дар вақти реаксияҳои химиявӣ атомҳо ҳаракат мекунанд, ки конфигуратсияи электронии устувортарро гиранд. Ин бо ду роҳ ба амал меояд: ё дар натиҷаи ба худ пайваст кунонидаи электронҳои атомҳои дигар, ё ба дигар атомҳо додани як қадар электронҳои қабати берунаи худ. Атомҳое, ки электронҳои худро медиҳанд ба ионҳои мусбат ва атомҳое, ки электронҳои дигар атомро қабул мекунанд, ба ионҳои манфӣ табдил меёбанд. Ин ионҳои гуногуннома ба якдигар дар асоси қувваи

электростастики кашида шуда, молекулаи нейтралро ҳосил мекунанд.

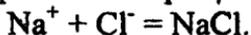
Мувофиқи муодилаи реаксияи дар боло додашуда атоми натрий, ки конфигуратсияи электронии  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^1$ - ро дорад, бо осонӣ 1 электрони қабати охирини худро дода, қабати охиринаш ба конфигуратсияи электронии устувори  $1S^2 2S^2 2P^6$ - табдил меёбад, ки ин конфигуратсияи электронии гази инертӣ - неон аст.



Конфигуратсияи электронии атоми хлор  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^5$  буда, барои қабати электронии устуворро гирифан танҳо як электрон намерасад. Мувофиқи реаксияи додашуда, хлор як электрони атоми натрийро қабул намуда, конфигуратсияи электронии қабати охирини худро ба 8 мерасонад:



Ионҳои гуногуномаи  $\text{Na}^+$  ва  $\text{Cl}^-$  ба якдигар кашида шуда, молекулаи электронейтралӣ  $\text{NaCl}$ - ро ҳосил мекунанд.



Дар чунин реаксияҳо бояд атомҳои иштирок кунанд, ки қобилияти электронқабулкунӣ калон (қаробаташон бо электрон баланд бошад) ва қобилияти бо осонӣ электрон додан (потенсиали ионикунӣ кам) дошта бошанд. Агар чунин реаксияҳо дар маҷлузҳо ба амал оянд, он гоҳ ионҳои ҳосилшуда ионҳои гидратнок ё солватнокро ҳосил мекунанд, ё дар вақти ба таҳшинӣ фаромадан кристаллҳои панҷараи кристалии ионӣ доштаро ҳосил мекунанд.

Бузургии валентнокии элементҳои дар реаксия иштироккунанда аз рӯи миқдори электронҳои додашуда (валентнокии мусбат ё дараҷаи оксидшавӣ мусбат), ё электронҳои қабул кардашуда (валентнокии манфӣ ё дараҷаи оксидшавӣ манфӣ) муайян карда мешаванд.

Бандҳои ионӣ танҳо дар сурате ба амал меоянд, ки агар атомҳои дар реаксия иштироккунанда аз ҷиҳати энергияи ионикунӣ ва қаробати худ бо электрон аз якдигар фарқи кулӣ дошта бошанд. Пайвастагиҳои иониро инчунин

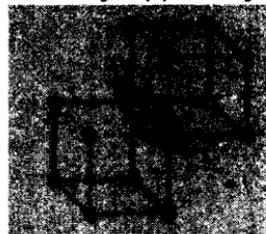
пайвастагиҳои гетерополярӣ «гуногункӯтба» ҳам меноманд, онҳо дар маҳлулҳо ва ҳолати ғудохта ҷараёни электрикиро хуб мегузаронанд. Барои вайрон кардани пайвастагиҳои гетерополярӣ энергияи калоне лозим аст. Бинобар температураи ғудозиши ин пайвастагиҳо хеле баланд мешавад.

#### 4.6. БАНДИ ХИМИЯВИИ КОВАЛЕНТӢ Ӣ АТОМӢ

Агар дар вақти реаксияҳои химиявӣ ду атоми аз ҷиҳати электрондихӣ ва электронқабулкунӣ якхела бо ҳам вохӯранд (масалан Н бо Н, Cl бо Cl) он гоҳ, гузаштани электронҳо аз як атом бо атоми дигар ба амал намеояд. Дар ин сурат якҷояшавии электронҳои тоқ ва пайдошавии ҷуфти умумии онҳо ба амал меояд. Ингуна молекулаҳо ғайрикутбӣ ё гомеокутбӣ номида шуда, дар вақтҳои охир онҳоро атомӣ ҳам меноманд. Бинобар ин банди химиявие, ки дар натиҷаи пайдоиши ҷуфти электронҳо ба амал меояд, банди ковалентӣ номида мешавад.

Моҳияти банди ковалентӣ аз он иборат аст, ки атомҳои бо ҳам пайвастшаванда қабати берунии электронии худро, ба қабати берунии электронии атоми газҳои инертӣ аз ҳисоби гум кардан ё кашида гирифтани электронҳо монанд накарда, балки аз ҳисоби ҷуфти умумии электронҳо ба амал мебаранд. Льюис барои фаҳмондани механизми пайдошавии банди химиявӣ аз “моделҳои кубшакли атом”, вобаста ба адади кунҷҳои куб, истифода бурд. Ҳоло бошад ин шакли геометрии инкор карда шудааст.

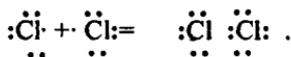
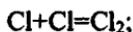
Моҳияти таълимоти Льюис аз он иборат аст, ки дар вақти вохӯрдани атомҳо (масалан, атомҳои хлор) якҷояшавии қабатҳои электронӣ ба амал меояд, яъне ду электрон барои як молекула умумӣ мешаванд (расми 15).



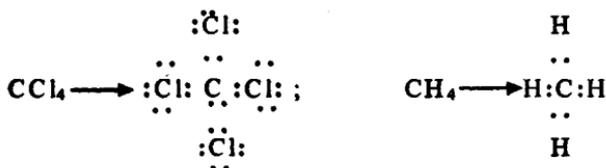
Расми 15. Ҷойгиршавии электронҳо дар молекулаи хлор

Ҷӣ тавре, ки аз расм дида мешавад, ядрои ҳар як атом бо 8 электрон ихота карда шудааст (қабати октетӣ). Ду электроне, ки барои ҳар ду атом умумианд, ҳар ду атомро дар як молекула

пайваст мекунад. Мувофиқи таълимоти классикӣ сохти ин пайвандро воҳиди қаробат номида, бо хатча Cl-Cl ифода менамуданд. Ҳоло бошад, чунин пайвандро бо ду нуқта ифода мекунад, ки вай ҳосилшавии дублети электронҳоро нишон медиҳад:



Ҳамин тавр, молекулаҳои дигар пайвастагиҳои гомеокутбиро ҳам чуниин ифода намудан мумкин:



Мувофиқи ин назария дар вақти ҳосилшавии молекулаи гидроген атомҳои онҳо аз ҳисоби ҷуфти электронҳои умумӣ қабати охирини электронии худро то ба 2 мерасонанд:

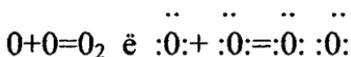


Агар дар қабати охирини электронии атом 6 электрон бошад, он гоҳ барои қабати «октети» - ро гирифтани дигар конфигурацсия ҳосил мешавад (расми 16).

Чӣ тавре, ки аз расм дида мешавад, дар ин ҷо электронҳои пайвандкунанда аз ду дублет, ду ҷуфти умумии электронҳо, иборатанд. Дар назарияи классикӣ сохти ингуна пайванд дучанда номида шуда, бо шакли ду хатча ( $\text{O}=\text{O}$ ) ифода меёфт. Ҳоло бошад, ингуна пайвандро бо ёрии ду ҷуфти нуқтаҳо ифода мекунад:



Расми 16. Ҷойгиршавии электронҳо дар молекулаи оксиген



Агар қабати охирин аз 5-электрон иборат бошад, онгоҳ схемаи тақсимшавии электронҳоро бо ёрии «моделли кубӣ» ифода намудан имконпазир аст. Дар он сурат ин гуна молекулаҳоро (масалан  $N_2$ ) чунин ифода мекунамд (расми 17).

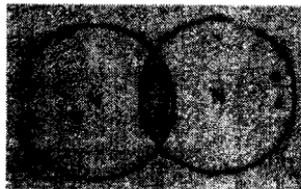
Дар ин ҳолат ҳам ҳар як ядро бо 8 электрон иҳота карда шудааст, дар ин ҷо атомҳои нитроген бо ёрии сето дублетҳои электронӣ пайванд шудаанд. Дар назарияи классикӣ ин гуна банд сечанда номида шуда, бо се хатча  $N \equiv N$  ифода карда мешуд. Ҳоло бошад вай бо се ҷуфти ин нуқтаҳо ифода меёбад, яъне:



Агар ду ё якчанд атомҳои гуногун воҳуранд онгоҳ электронҳо чунин ҷойгир мешаванд, ки ҳар як ду атом бо як, ду ва се дублетҳои электронӣ пайванд шуданаш мумкин. Дар ҳамин асос пайдошавии молекулаҳои ғайриқутбӣ ва ҳосилшавии бандҳои ковалентиро дар молекулаҳои гуногун чунин ифода кардан мумкин (расми 18).

Ҷи тавре, ки дида мешавад, агарчанде ҳама вақт ядро бо 8 электрон иҳота карда шуда бошад ҳам, на ҳама вақт принципи “октет” риоя карда мешавад. Дар расми 19 молекулаҳои  $AlF_3$ ,  $CF_4$ ,  $PF_5$ ,  $OsF_8$  ифода ёфтаанд.

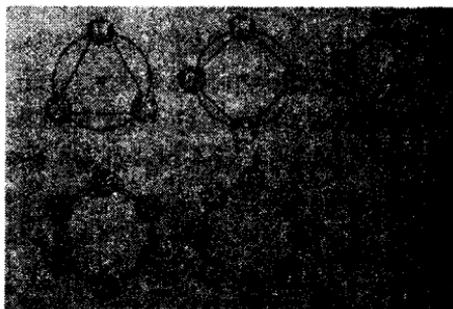
Мувофиқи расми 19 дар молекулаи  $CF_4$  ядрои атоми карбон ба монанди ядрои атоми фтор бо “октет” иҳота карда шудааст. Аммо дар молекулаи  $AlF_3$  танҳо атоми фтор бо октет



Расми 17. Ҷойгиршавии электронҳо дар молекулаи нитроген



Расми 18. Тақсимшавии электронҳо дар молекулаҳои  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$  ва  $HF$



Расми 19. Схемаи ифодабнии молекулаҳои  $AlF_3$ ,  $CF_4$ ,  $PF_5$ ,  $SF_6$ ,  $OsF_8$

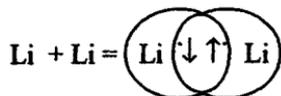
иҳота буда, атоми алюминий бошад, танҳо бо 6 электрон иҳота шудааст, дар молекулаи  $PF_5$  атоми фосфор бо 10 электрон иҳота шудааст, дар молекулаи  $SF_6$  атоми сулфур бо 12 электрон, дар молекулаи  $OsF_8$  атоми осмий бо 16 электрон иҳота шудаанд. Чунин далелҳо ба назарияи Люис мувофиқ намеоянд. Масалан, сабаби аз ду электрони зарядхояшон якхела ҳосилшавии ҷуфти умумии устувор номуайян менамояд.

Ғайр аз ин назарияи Люис, ки баъдтар аз тарафи Лэнгмюр ва Сичвик инкишоф дода шудааст, масъалаи хосияти пайвандкунанда доштани дублети электрониро фаҳмонида наметавонад. Баъдтар Гейтлер ва Лондон нишон доданд, ки агар спинҳои электронҳои ҳар ду атоми гидроген параллел бошанд, онгоҳ атомҳои гидроген якдигарро тела медиҳанд, агар спинҳо антипараллел бошанд, атомҳо бо якдигар пайваست мешаванд. Яъне хосияти пайваستкунандагиро танҳо дублети электронҳои доранд, ки спинашон антипараллел бошад. Ин ҳодисотро дар мисоли ҳосилшавии молекулаҳои фтор  $F_2$  ва литий  $Li_2$  дида мебароем: дар қабати берунаи квантии фтор 7 электрон мавҷуд аст, вай як электрони спинаш тоқ дорад, бинобар ин дар вақти вохӯрдани ду атоми фтор онҳо дар асоси спинҳои тоқи худ молекулаи фторро ҳосил мекунанд (расми 20).



Расми 20. Схемани ҳосилшавии молекулаи  $F_2$

Дар қабати берунии электрони атоми металлҳои ишқорӣ танҳо 1 электрон мавҷуд аст. Бинобар ин бояд, ки онҳо ҳам дар вақти бо ҳам вохӯрдани аз ҳисоби ҷуфти электрони пайдошуда молекулаҳои  $M_2$ -ро ҳосил кунанд:



Дар ҳақиқат ҳамаи металлҳои ишқорӣ дар ҳолати газшакл бо намуди  $M_2$  мавҷуданд. Қабати берунаи атомҳои металлҳои ишқорзаминӣ 2 электрон дорад, ки онҳо мувофиқи принципи Паули спинхояшон муқобили якдигар буда, бинобар электрони

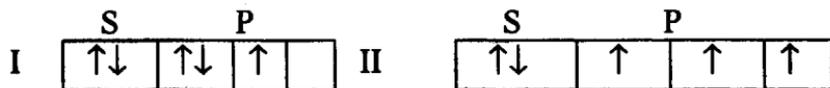
«тоқ» надоранд ва валентнокиашон дар ҳолати муқаррарӣ ба O баробар аст. Дар ҳолати барангехта бошад, дувалента мешаванд. Атоми бор дар ҳолати муқаррарии худ як валента ва дар ҳолати барангехта - се валентӣ мебошад ва ғайраҳо.

Ҳамин тавр, валентнокии элементҳо бо миқдори электронҳои «тоқашон» муайян карда мешавад. Валентнокии элементҳо дар ҳолатҳои муқаррарӣ ва барангехта аз якдигар фарқ мекунад. Дар ҳолати барангехта шудани атом электронҳои он дар дохили қабат аз як зерқабат ба зерқабати дигар гузашта метавонанд, ки барои иҷрошавии он энергия зарур аст. Дар вақти реаксияҳои химиявӣ барангезиши атом танҳо дар сурате ба амал меояд, ки агар энергияи дар натиҷаи реаксияи химиявӣ ҳосил шуда, нисбат ба энергияе, ки барои барангехтан сарф мешавад, зиёд бошад.

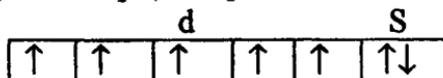
Мисоли ҳолатҳои асосӣ ва барангехтаи атомҳои элементҳои даври 2-юм чунин мебошад:

Ҳолати муқаррарӣ					Ҳолати барангехта				
	S	P				S	P		
	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓		↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
Ne	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	Ne	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
F	↑↓	↑↓	↑↓	↑	F	↑↓	↑↓	↑↓	↑
O	↑↓	↑↓	↑	↑	O	↑↓	↑↓	↑	↑
N	↑↓	↑	↑	↑	N	↑↓	↑	↑	↑
C	↑↓	↑	↑		C	↑	↑	↑	↑
B	↑↓	↑			B	↑	↑	↑	
Be	↑↓				Be	↑	↑		
Li	↑				Li	↑			

Бояд қайд кард, ки пуршавии ҳуҷраҳои энергетикӣ зерқабатҳо бо қоидаи Хунд иттиҳод мекунад, яъне дар қабатҳои додашуда электронҳои ҳаракат мекунад, ки ҳамаи ҳуҷраҳои квантии озодро банд кунанд, то ин ки ҷамъи спинҳои умумиашон максималӣ бошад. Масалан, аз ду варианти ҷойгиршавии электронҳо, дар атоми нитроген (N):

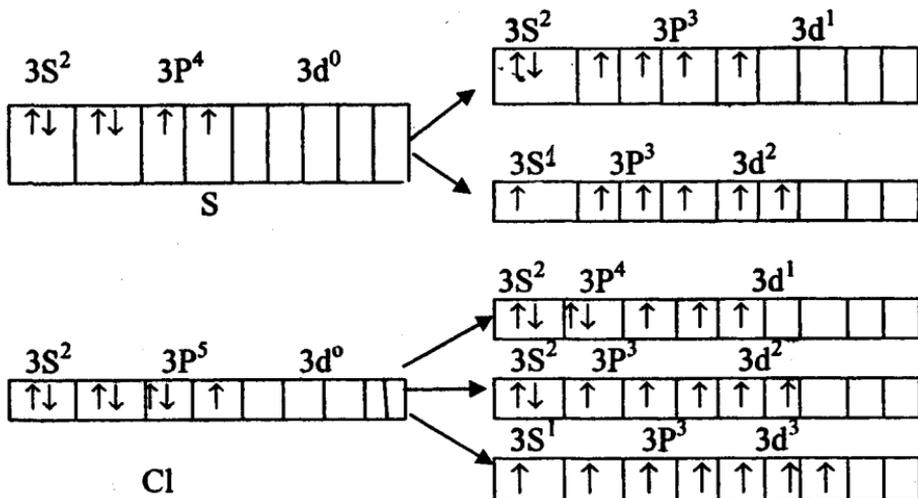


варианти I имконнопазир аст, чунки як ҳучрачаи энергетикӣ электрон нашофта, маҷмуи спинҳои бузургии хурдтарин  $+ \frac{1}{2}$  - ро дорад. Мувофиқи варианти II маҷмуи спинҳои электронҳо ба  $+3/2$  баробар аст ва ҳучрачаҳои энергетикӣ озод мавҷуд нест. Ҳамин тавр дар атоми Mn, ки конфигурасияи электронииаш  $d^5$  аст, электронҳо ин тавр ҷойгир мешаванд:



Яъне мувофиқи қоидаи Ҳунд бояд 5 ҳучрачаи электронии зерқабати электронии d бо электронҳо банд бошанд.

Маълум аст, ки аксарияти элементҳо дар реаксияҳои химиявӣ якҷанд дараҷаи оксидшавиро зоҳир мекунанд. Иסботи инро дар мисолҳои зерин дида мебароем:



атомҳо дар ҳолати муътадил (асосӣ).

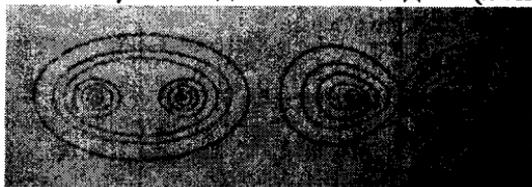
атомҳо дар ҳолати барангехта.

## 4.7. НАЗАРИЯИ КВАНТИИ БАНДИ КОВАЛЕНТИ

Банди ковалентӣ дар натиҷаи ҳосилшавии чуфти электронҳо аз электронҳои тоқи спинҳояшон муқобил. ба амал меояд. Дар сурати соддатарин чунин банд дар байни ду атом ба амал омаданаш мумкин аст. Лекин имконияти ба амал омадани бандҳои ковалентӣ дар байни якчанд атомҳо ҳам вуҷуд дорад. Дар вақти ҳосилшавии банди ковалентӣ энергияе хориҷ мешавад, ки вай энергияи банд ном дорад.

Ҳосилшавии молекулаи гидрогенро аз нуқтаи назари химияи квантӣ дида мебароем.

S- электронҳои ҳар як атоми гидроген дорои абри симметрияш курашакл буда, зичии муайяне дорад. Дар вақти бо ҳамтаъсиркунии атомҳо бо якдигар пӯшидашавии абрҳои электронӣ ба амал меояд, ки дар натиҷаи он зичии зарядҳои манфӣ дар фазои байни ядроҳо зиёд мешавад, якдигарро пӯшидани абрҳои электронӣ боиси хориҷшавии энергия ва ҳосилшавии банди ковалентӣ мегардад. Агар дар байни атомҳо ҳодисотҳои боҳампайвастшавӣ ҷой надошта бошад (яъне спинҳояшон параллел бошанд), онгоҳ зичии абри электронӣ дар фазои байни ядроҳо максималӣ нею, балки минималӣ ё бо сифр баробар аст. Ҳар ду ин ҳолатҳо бо таври схема дар расми 21 (а, б) ифода ёфтаанд.



Расми 21. Тақсимшавии зичии абри электронӣ дар вақти бо ҳам пайвастшавии атомҳои гидроген.

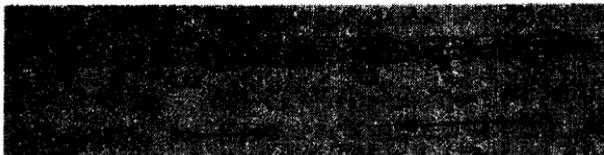
Агар бо ҳамтаъсиркунии химиявӣ аз ҳисоби банди ковалентӣ танҳо ба пӯшидашавии абрҳои электронӣ вобаста бошад, онгоҳ бешубҳа чӣ қадар онҳо бисёртар «пӯшида шаванд» (якдигарро пӯшонанд) ҳамон қадар энергияи банд зиёд буда, молекулаи ҳосилшуда ҳамон қадар устувор мебошад.

Дар расми 21 ҳосилшавии молекулаҳо аз ҳисоби банди ковалентӣ дар натиҷаи боҳампӯшидашавии абрҳои SS-SP ва PP электронҳо нишон дода шудааст.

**Самти бандҳои химиявӣ.** Дар асоси шаклҳои гуногуни абрҳои электронӣ ва нобаробар тақсимшавӣ, вобаста ба намудҳои электронҳои бо ҳамтаъсиркунанда, зичии банди ковалентӣ самтҳои гуногун доштаниш мумкин.

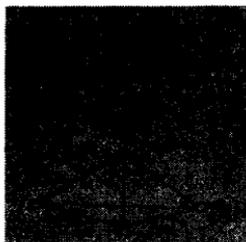
Барои молекулаҳо намуди AA, AB- яъне молекулаҳо, ки ба таркибашон ду атоми якхела ё гуногун дохил мешаванд, самти банди химиявӣ аҳамият надорад. Ин гуна молекулаҳо шакли хаттиро доранд (расми 22). Дар ин ҳолат абрҳои P-электронӣ шакли «ҳашт» монандро дошта, пӯшидашавии абрҳои намуди S-P, P-P дар асоси пайвандшавии марказҳои ду ядро бо хати рост ба амал меоянд. Ин гуна намуди молекулаҳо барои

элементҳои  
гидроген,  
галогенҳо,  
гурӯҳчаҳои I A ва I  
B (дар ҳолати  
газшакл) хос мебошад.

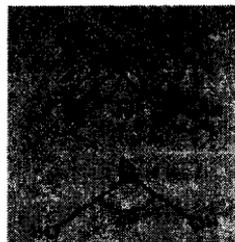


Расми 22. Шакли хаттии молекулаҳо

Дар сурати молекулаҳои намуди  $A_2B$  будан, ки дар онҳо атоми B дар ҳосилшавии банди ковалентӣ бо ёрии ду P-электронҳои иштирок мекунад (масалан, барои



Расми 23. Шакли кунҷии молекулаҳо



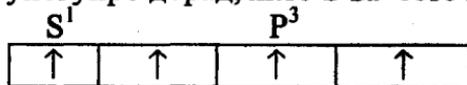
Расми 24. Шакли пирамидагии молекулаҳо

элементҳои гурӯҳчаи оксиген ва аналогҳояшон), абрҳои P-электронӣ дар тирҳои координатӣ (асосан дар зери кунҷи  $90^\circ$  ҷойгир мешаванд). (расми 23). Дар ин расм майдонҳои пӯшидашавии абрҳои S ва P – электронҳо бо раҳҳо нишон дода шудаанд. Дар вақти ҳосилшавии ингуна молекулаҳо, агар теладиҳии атомҳои ҳамном зиёд бошад, васеъшавии “кунҷи валентӣ” ба амал меояд. Масалан, дар молекулаи  $H_2O$  кунҷи бандҳо  $90^\circ$ -ро не балки  $105^\circ$ -ро ташкил медиҳад.

Агар дар таъсири ҳамдигарӣ атоми В бо се электрон иштирок кунад, онгоҳ абрҳои Р- электронҳо дар тирҳои координатии фазогӣ ҷойгир мешаванд. Молекулаи ҳосилшудаи А<sub>3</sub>В шакли пирамидаро дорад, ки дар асоси секунҷагӣ ҷойгир шудааст (расми 24). Ингуна молекулаҳоро атомҳои элементҳои гуруҳчаи 5А (нитроген, фосфор, арсен, сурма ва висмут), ки сегоҳи Р- электронҳои тоқ доранд, ҳосил карданишон мумкин аст.

#### 4.8. ГИБРИДИЗАТСИЯИ ЭЛЕКТРОНҲО

Дар ҳолати барангехта атоми карбон чор (4) электрони тоқи намудҳои гуногунро дорад, якто S ва се то Р- электронҳо:



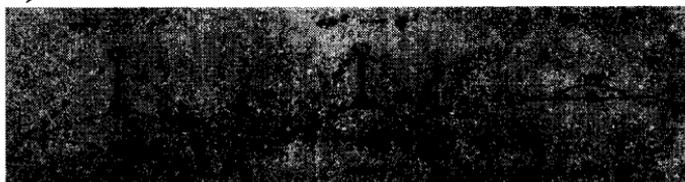
Дар вақти пайваст шудани 4 атоми гидроген ва ҳосилшавии молекулаи CH<sub>4</sub> бояд як банди типии S- S аз се бандҳои типии S – P фарқ кунад. Дар ҳақиқат бошад ҳамаи 4 банд дар молекулаи CH<sub>4</sub> баробарқиммат мебошанд. Ин ҳодиса аз он сабаб рӯй медиҳад, ки электронҳои гуногуни S ва Р- зерқабатҳо дар атоми карбон ба ягон зерқабати дигари миёнаи аз ҷиҳати энергетикӣ қулайтари d мегузаранд, яъне конфигурасияи SP<sup>3</sup> ба d<sup>4</sup> табдил меёбад, ки ин ҳолати охири ҳолати гибриди ё зерқабати гибриди номида мешавад. Дар зерқабати гибриди ҳамаи 4 электронҳо аз ҷиҳати энергияҳояшон баробарқиммат буда, бандҳои химиявие, ки онҳо ҳосил мекунанд амалан монанд мебошанд. Ин бандҳо аз марказ ба қуллаҳои тетраэдр самт доранд, яъне молекулаи CH<sub>4</sub> шакли тетраэдрро дорад (Расми 25, а). Ин шакли молекула барои пайвастагиҳои атомҳои элементҳои гуруҳчаи 4А (карбон, силитсий, германий, қалъагӣ ва қурғошим) хос мебошад.

Гибридатсия инчунин барои атомҳои конфигуратсияшон S<sup>2</sup> P<sup>1</sup>, яъне барои атомҳои гуруҳчаи 3А (бор, алюминий, галлий, индий, таллий) низ хос мебошад. Дар ҳолати гибридатсияи S<sup>2</sup>P<sup>1</sup>→d<sup>3</sup> молекулаҳо шакли секунҷаро доранд: се банд аз маркази он ба кунҷҳои секунҷа равонанд

(расми 25, б). Дар ҳолати муқаррарӣ ё асосӣ атомҳои элементҳои гурӯҳҳои 2A ва 2B электронҳои тоқ надоранд ва бинобар валентнокишон ба сифр баробар аст. Дар ҳолати барангехтаи  $S^2 \rightarrow SP$  ду электронҳои гуногун ба сатҳи гибриди мегузаранд, яъне  $SP \rightarrow d^2$ . Дар ин ҳолат самти банди химиявӣ аз маркази атом ба ду тараф раван шуда, молекулаи ҳосилшуда шакли хаттиро дорад (расми 25, в).

Дар

ҳолати  
гибридизатсия  
пушидашавии  
абрҳои



Расми 25. Шакли молекулаҳо бо бандҳои гибриди:  
а-тетраэдрӣ, б-сеқунҷа, в-хаттӣ

электронӣ ба амал омада, ин устувории банди химиявиро таъмин мекунад ва бинобар молекулаҳои ҳосилшуда энергияи камтарин доранд.

Дар ҷадвали 5 маълумотҳои асосӣ оид ба тавсифи банди ковалентӣ ва шакли молекулаҳо ҷамъ оварда шудааст.

Ҷадвали 5

### Тавсифи банди ковалентӣ ва шакли молекулаҳо

Тавсиф	Элементҳои гурӯҳча ва конфигуратсияи электронӣ						
	1A	2A, 2B	3A, 3B	4A, 4B	5A	6A	7A
Ҳолати асосии атом	$S^1$	$S^2$	$S^2PdS^2$	$S^2P^2d^2S^2$	$S^2P^3$	$S^2P^4$	$S^2P^5$
Ҳолати барангехтаи атом	-	$SP \rightarrow q$	$SP^2 \rightarrow q^3$	$S^1P^3$	-	-	-
Банди электронӣ	$S^1$	$d^2$	$d^3$	$d^4$	$P^3$	$P^2$	$P^1$
Таркиби молекулаҳо	$AX$	$AX_2$	$AX_3$	$AX_4$	$AX_3$	$AX_2$	$AX$
Шакли молекулаҳо	Хаттӣ	Хаттӣ	Сеқунҷа	Тетраэдрӣ	Пирамидагӣ	Кунҷӣ	Хаттӣ

Дар ҳосилшавии банди химиявӣ аз 4 электрон ҳам зиёдтар иштирок карданаш мумкин аст: дар сурати гибридизатсияи  $d^2sp^3 \rightarrow d^6$ , бандҳо аз маркази октаэдр ба кунҷҳои куб равона шудаанд, яъне молекулаҳо дар ин ҳолат шаклҳои куб ё октаэдро доранд (расми 26).

**Бандҳои сигма ( $\delta$ ) ва пи ( $\pi$ ).** Банди  $\delta$  дар байни ду атомҳое, ки бо хати рост маркази атомҳоро пайваст карда, самташон ба хати тири симметрияи абрҳои мувофиқ

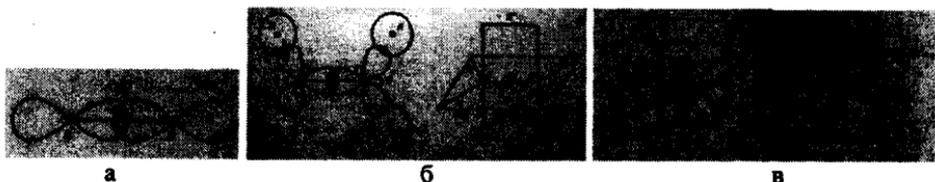


Расми 26. Шакли кубӣ ва октаэдри молекулаҳо

меояд, ифода ёфтанишон мумкин (расми 27, а). Одатан ингуна банд-банди якҷанда ё содда номида мешавад. Аммо дар байни атомҳо бандҳои дучанда ҳам ба амал омаданишон мумкин. Масалан, дар молекулаи этилен  $C_2H_4$  банди дучандаи  $H_2C=CH_2$  хусусиятнок мебошад, ки бо ёрии он ду атоми карбонӣ ҳар кадомаш дутогӣ Р- электронҳо диҳанда пайванд мешаванд. Абрҳои электрони онҳо бо тирҳои координатии сатҳӣ бо таври симметрии ҷойгир шудаанд. Бешубҳа, ду электрони ҳар як атоми карбон, ки абрҳои электронишон ба тири Х ҷойгир шудаанд, банди сигма ( $\delta$ )-ро медиҳанд. Абрҳои электрони дутои дигар Р- электронҳо дар сатҳе, ки бо тири симметрия перпендикуляр аст, пӯшида шудаанд (расми 27, б) ва банди пи ( $\pi$ )-ро ҳосил мекунанд. Барои ҷуфти ҳамон як хел атомҳои додасуда, бандҳои пи ( $\pi$ ) нисбат ба бандҳои сигма ( $\delta$ ) ноустувор мебошанд.

Дар вақти ҳосилшавии молекулаи нитроген аз ду атомҳое, ки ҳар кадомаш сетогӣ Р- электрони тоқа дорад, абрҳои электронишон бо қади тирҳои координатсионии системаи фазогии координатҳо ҷойгир мешаванд (расми 27, в).

Банде, ки дар натиҷаи пӯшидашавии абрҳои электронӣ дар сатҳи тири  $X$  ба амал меояд сигма ( $\delta$ ) ва ду банди боқимонда дар тирҳои  $y$  ва  $z$ , пи ( $\pi$ ) номида мешаванд.



Расми 27. Сигма- ва пи – бандҳо: а- молекулаи хлор, б- молекулаи этилен, в- молекулаи нитроген.

#### 4.9. МОМЕНТИ ДИПОЛӢ. ҚУТБНОКИИ МОЛЕКУЛА

Дарозии дипол гуфта, масофаи байни марказҳои вазнии зарядҳои электрикиро дар молекула меноманд. Агар хосияти электроманфинокии атомҳои молекуларо ташкилкунанда як хел набошад, онгоҳ майдони абри электроние, ки дар натиҷаи якҷояшавии ду абри электронӣ ба амал омадааст ба тарафи яке аз атомҳо (атоме, ки қаробаташ бо электрон зиёд аст) майл мекунад. Дар натиҷаи ин лағҷиш, ки инчунин қутбнокшавӣ номида мешавад, маркази вазнии зарядҳо дар як нуқтаи хатти рост ҷойгир намешаванд ва дар байнашон як масофаи муайяне ба амал меояд, ки ин масофаро бо ҳарфи  $L$  ишора намуда, дарозии дипол меноманд.

Агар атомҳои молекуларо ташкилдиҳанда аз ҷиҳати электроманфигии худ фарқи калон дошта бошанд, онгоҳ лағҷиши электронҳо ба тарафи яке аз атомҳо хеле бисёр буда, дар натиҷа ионҳои мусбат ва манфӣ заряднок ҳосил мешаванд, ингуна молекулаҳо бузургии калони дарозии диполро доранд.

Дар ин сурат банди ковалентӣ ба ионӣ мегузарад (расми 28) ва молекулаҳои ин хел сохт доштара бошад, молекулаҳои қутбнок ё ин ки диполӣ меноманд.

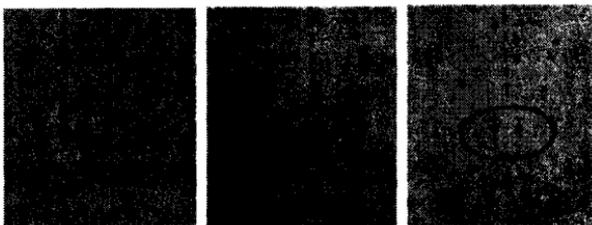
Бинобар гуфтан мумкин аст, ки дар байни молекулаҳои атомӣ (ковалентӣ) ва ионӣ миқдори бисёри дигари молекулаҳо

ҷойгиранд, ки аз ҷиҳати банди химиявии худ мавқеи мобайниро ишғол мекунанд.

Барои муайян кардани дараҷаи қубтнокии молекулаҳо одатан аз бузургии моменти диполи ( $\mu$ ) истифода мебаранд, ки вай бо формулаи зерин муайян мешавад:

$$\mu = l \cdot q.$$

Моменти диполии молекулаҳоро мо метавонем бо таъсири майдони электрикӣ зиёд кунем. Молекулаҳо, ки аз таъсири майдони электрикӣ қубтнокиашон тағйир намеёбад, моменти диполии **ДОИМӢ**



Расми 28. Намудҳои банд: а-гайриқутбӣ, б-қутбӣ, в-ионӣ

доранд ( $\mu_p$ ). Агар молекулаҳо аз таъсири майдони электрикӣ соҳиби қутбҳои гуногун шаванд, онгоҳ моменти диполии онҳо **ИНДУКСИОНӢ** (аз берун оварда шуда) мешавад. Моменти диполи доимӣ ва индуксионӣ якҷоя шуда, моменти диполии **НАТИҶАВИРО** ҳосил мекунанд.

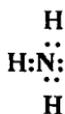
#### 4.10. БАНДИ ХИМИЯВИИ КООРДИНАТСИОНӢ Ё ДОНОРУ- АКСЕПТОРӢ.

Банди координатсионӣ- ин чунин навъи банди ковалентист, ки аз ҳисоби ҷуфти электронҳои нав не, балки аз ҳисоби ҷуфти электронҳои ба яке аз атомҳо тааллуқ дошта ба амал меояд. Мисол дар реаксияи



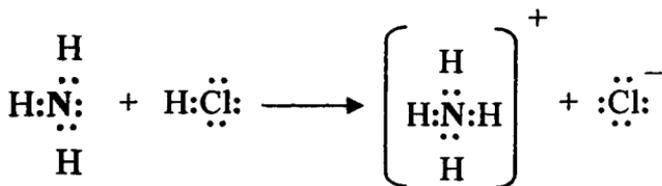
молекулаҳои аммиак ва молекулаҳои хлориди гидроген электронҳои озод надоранд. Ба ин нигоҳ накарда онҳо ба ҳам таъсир мекунанд ва дар натиҷа молекулаи мураккабтар ҳосил мешавад. Дар ин ҳолат пайдошавии молекулаҳо аз ҳисоби банди химиявие ба амал меояд, ки номи банди координатсиониро гирифтааст.

Дар молекулаи аммиак  $\text{NH}_3$  4 ҷуфт электронҳо мавҷуд аст, ки се ҷуфти онҳо бо се атоми гидроген банди ковалентии қутбнокро ҳосил намуда, як ҷуфти электронҳо «озод» мебошад ва танҳо ба нитроген дахл дорад:



Мавҷуд будани ҷуфти электрони «озод» дар нитроген имконият медиҳад, ки вай аз ҳисоби онҳо бо атоми дигаре, ки ҳучрачаи (орбитали) квантии озод дорад (гидрогени  $\text{HCl}$ ) пайваस्ताгии мураккабтаре ҳосил кунад.

Бинобар ин реаксияи байни аммиак ва хлориди гидрогенро чунин навиштан мумкин:



Яъне дар ин сурат ҷуфти электронҳои нитроген ҳам барои вай ва ҳам барои гидроген умумӣ мешавад. Ба амал омадани банди химиявиро дар ин сурат чунин фаҳмондан мумкин.

Дар молекулаи аммиак банди химиявӣ дар байни атоми нитроген ва атомҳои гидроген аз ҳисоби P- электронҳои N ва S- электронҳои гидроген ба амал меояд. Дар атоми нитроген дар сатҳи дуҷумии энергетикӣ (зерқабати S) боз ду электрони озод мемонад ( $2S^2$ ), ки дар ҳосилшавии банди химиявӣ дар молекулаи  $\text{NH}_3$  иштирок накардаанд. Дар вақти бо ҳамтаъсиркунии  $\text{NH}_3$  ва  $\text{HCl}$  аз ҳисоби  $2S^2$  электронҳои озоди атоми N дар байни атомҳои нитроген ва протон ( $\text{H}^+$ ) банди химиявӣ ба амал меояд.

Агар атом ё ин ки ион барои ҳосилшавии банди химиявӣ ҷуфти электронҳои худро диҳад, вайро донор (атоми нитроген) меноманд. Атом ва ё ионе, ки ин электронҳоро барои пур кардани ҳучраҳои квантии озоди худ (ё орбитали атоми озоди



ҳосил кунад. Ин намуди пайванди химиявиرو инчунин банди нимқутбӣ ҳам меноманд, чунки ҷуфти электронҳо ба тарафи яке аз атомҳо лағжиданаш мумкин. Бинобар он формулаи оксиди карбон бо намуди  $C \equiv O^+$ , ё ин ки  $C \equiv O$  навишта мешавад.

Банди координатсиониро- банди донору – аксепторӣ ҳам меноманд. Пайвастагиҳоеро, ки аз ҳисоби банди координатсионӣ пайдо мешаванд, пайвастагиҳои комплексӣ ё координатсионӣ меноманд.

#### 4.11. БАНДИ ХИМИЯВИИ ГИДРОГЕНИЙ.

Дар ҳолатҳои, ки агар гидроген бо элементи электроманфинокиаш зиёд пайваст шавад, вай метавонад боз як банди химиявии иловагиро (ғайр аз муқаррариаш) ҳосил кунад. Қобилияти аз тарафи атоми гидроген дар баъзе вақтҳо ду атом пайваст карда тавоништан якумин маротиба дар солҳои 80-уми асри гузашта аз тарафи М.А. Илинский ва Н.Н. Бекетов нишон дода шуда буд. Танҳо баъд аз гузашани якчанд даҳсолаҳо тасаввурот дар бораи ингуна банди химиявӣ ҳақиқатан исбот карда шуд. Дар натиҷа вай номи банди гидрогениро гирифт.

Ингуна банд аз он сабаб ба амал меояд, ки иони гидроген:

а) электрон надорад ва бинобар ба монанди дигар ионҳо аз тарафи пардаи электронии ҳиссачаҳои дигар тела дода нашуда, баръакс кашида мешавад;

б) андозаи хеле ҳам хурд дорад, ки вай нисбат ба дигар ионҳо дида ҳазорҳо маротиба кам аст.

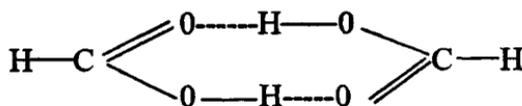
Чӣ қадар ки атоми ба гидроген пайвастшаванда электроманфинокиаш зиёд ва андозааш хурд бошад, ҳамон қадар банди гидрогенӣ қавитар мешавад. Бинобар он мавҷудияти банди гидрогенӣ бештар ба пайвастагиҳои фтор, оксиген, нисбатан камтар барои нитроген ва аз ҳама камтар барои хлор ва сулфур хос мебошад. Дар ҳамин асос энергияи банди гидрогенӣ барои  $H \dots F$  (минбаъд банди гидрогениро ба нуқтаҳо ифода менамоем) тахминан ба 10, барои  $H \dots O \sim 21$ ,

$H \dots N \sim 8$  кҷ, баробар мебошанд. Ҳамсоя будани атомҳои электроманфӣ метавонад дар атомҳои гуруҳи  $-CN$  ҳам ҳосилшавии банди гидрогениро ба амал орад, ҳол он ки электроманфигии карбон ва гидроген қариб як хел аст. Ҳосилшавии бандҳои гидрогениро дар пайвастагиҳои  $HCN$ ,  $CF_3N$  дар ҳамин асос фаҳмондан мумкин.

Бо қавӣ шудани банди гидрогенӣ масофаҳои байни атомҳои дахлдор ҳам кам мешаванд. Масалан, агар дар молекулаи об масофаи  $O-H$  нисбат ба  $O \dots N$  кам бошад, барои фториди гидроген масофаҳои  $H-F$  ва  $H \dots F$  қариб якхелаанд, яъне протон дар байни ионҳои фтор ҷойгир аст.

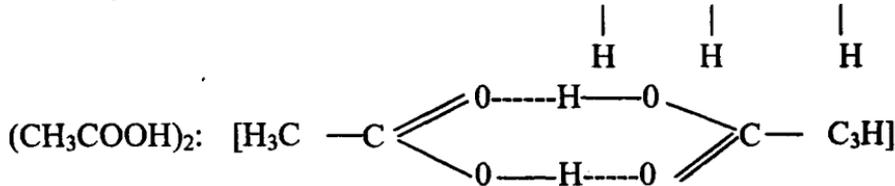
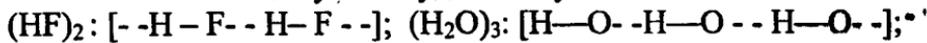
Дар асоси бандҳои гидрогенӣ молекулаҳо димерҳо ва полимерҳо ҳосил мекунанд. Полимерҳо метавонанд хаттии шохронда ва ё ҳалқашакл бошанд.

Масалан, кислотаи мӯрча (формиат) ҳам дар ҳолати моеъгӣ ва ҳам дар ҳолати газшакл асосан бо намуди димер вучуд дорад:



Чунин сохтор доштани вай бо ёрии методи электронографии исбот карда шудааст. Хосияти ассотсиатсия (якҷояшавӣ) барои об, аммиак, спиртҳо ва бисёр моеъҳо хос мебошад, ки онҳоро аз моеъҳои ассотсиатсиянашаванда (масалан, карбогидридҳо) фарқ мекунанд.

Дар ҳамин асос сохти молекулаҳои фториди гидроген, об ва кислотаи атсетат чунин шуданаш мумкин:



Бояд қайд кард, ки ассотсиатсия ба баландшавии ҳарорати гудозиш, ҳарорати ҷушиш, тағйирёбии қобилияти ҳалкунандагӣ ва ғайраҳо сабаб мешавад.

Чӣ тавре, ки қайд карда шуд энергияи банди гидрогенӣ нисбатан хурд аст, бинобар он баландшавии ҳарорат ба кандашавии бандҳои гидрогенӣ оварда мерасонад. Аммо ин ҳолат вобаста ба таркиб ва ҳосияти моддаҳо фосилаи васеи ҳароратро ишғол мекунад. Масалан, дар кислотаҳои органикии карбон ҳодисаи ассотсиатсияи молекулаҳо дар ҳолати буғроншавӣ ҳам вучуд дорад.

Агар қатори моддаҳои монандро гирем, онҳо бо зиёдшавии массаи молекулавӣ бояд ҳарорати гудозиш, ҷушиш ва гармии буғҳосилшавиашон баланд шавад. Дар амал бошад, дар вақти аз HF ба HCl ва аз H<sub>2</sub>O ба H<sub>2</sub>S гузашан қиммати адали ин бузургӣҳо хеле паст мефарояд (ҷадвали 6).

Ҷадвали 6.

**Ҳарорати гудозиш, ҳарорати ҷушиш ва гармии буғҳосилшавии (дар нуқтаи ҷушиш) баъзе моддаҳо**

Модда	t <sup>0</sup> гуд, °C	t <sup>0</sup> ҷуш, °C	ΔH буғ, кҶ/мол
H <sub>2</sub> O	0,0	100,0	40,85
H <sub>2</sub> S	- 85,5	- 60,7	18,85
H <sub>2</sub> Se	- 64,8	- 41,5	21,37
H <sub>2</sub> Te	- 49,0	- 2,0	24,30
HF	- 83,1	- 19,5	30,17
HCl	- 112,0	- 84,9	15,08
HBr	- 87,0	- 66,8	16,34
HJ	- 60,9	- 39,4	17,60

Яке аз нишондиҳандаи қулайтарини банди гидрогенӣ ҳарорати ҷушиш мебошад, чунки вай бо осонӣ чен карда мешавад.

Агар мо ҳарорати ҷушиши ягон спирт R—OH ва меркаптанро чен карда, натиҷаҳо муқоиса намоем, боварӣ ҳосил мекунем, ки ин бузургӣ барои R OH нисбат ба RSH хеле зиёд аст. Ё худ, муқаррар карда шудааст, ки эфирҳои соддаи

массаи молекулавияшон нисбат ба спиртҳо калон буда, зуд бухоршаванда мебошанд.

Муқаррар карда шудааст, ки агар об моеъи ассотсиацияшуда намебуд, онгоҳ ҳарорати гудозиши он ба  $-100^{\circ}\text{C}$  ва ҳарорати ҷушишаш ба  $-80^{\circ}\text{C}$  баробар мебуд.

Бо ёрии методи ҳисоббарории қиёсӣ нишон дода шудааст, ки (дар асоси натиҷаҳои таҷрибаҳо) дар ҳолати буғӣ молекулаҳои об ассотсиатсия нашуда буда, ассотсиатсияи молекулаҳои фториди гидроген бошад, дар фазаи буғӣ ҳам нигоҳ дошта мешавад.

Ин шаҳодат медиҳад, ки банди  $\text{H}-\text{F}$  нисбат ба банди  $\text{H}-\text{O}$  хеле устувор аст.

Ҷамаи мисолҳои овардашуда ба банди гидрогении байни молекулавӣ тааллуқ дорад. Дар амалия бошад, банди гидрогенӣ метавонад қисмҳои алоҳидаи ҳар як молекуларо муттаҳид кунад, яъне метавонад дохили молекулавӣ бошад.

Ин ҳолат ба бисёр моддаҳои органикӣ хос мебошад.

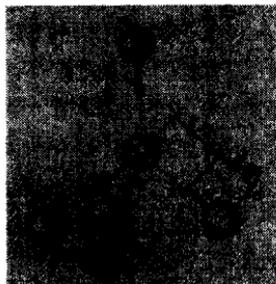
Ба ҳисоб гирифтани таъсири банди гидрогенӣ имконият дод, ки бисёр далелҳо фаҳмонида шаванд. Масалан, ҳосилшавии намакҳои  $\text{KNH}_2$  ва  $\text{NaNH}_2$  дар асоси мавҷудияти иони устуворӣ  $\text{NH}_2^-$  ки дар натиҷаи реаксияи  $(\text{H}_2\text{F})_2 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HF}_2^-$  ҳосил мешавад, фаҳмонда шуданашон мумкин.

Далели нисбат ба кислотаҳои  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  ва  $\text{HI}$  заиф будани  $\text{HF}$ -ро инчунин дар асоси банди гидрогенӣ фаҳмонидан мумкин (константаи диссоциатсияи  $\text{HF} = 7,2 \cdot 10^{-4}$  аст).

Дар сохтори об ва ях банди гидрогенӣ хеле нақши муҳимро мебозад. Мувофиқи сохтори ях (расми 29) ҳар як атоми оксиген бо шакли тетраэдр ба 4 атомҳои оксигени дигар пайваस्त аст, ки дар байни онҳо атомҳои гидроген ҷой гирифтаанд. Аз онҳо ду атомаш бо атоми оксиген банди ковалентии қутбнокро ( $d=0,99\text{Å}$ ), дутои дигарашон банди гидрогениро ( $d=1,76\text{Å}$ ), ҳосил мекунанд, яъне онҳо ба таркиби ду молекулаи дигари об дохиланд. Бинобар он сохтори ях нисбатан ковок мебошад. Дар вақти гудозиши ях бандҳои гидрогенӣ тахминан то 10% вайрон мешаванд. Ин ҳодиса молекулаҳоро наздиктар мекунад ва

бинобар об нисбат ба ях дида зичтар аст. Гарм кардани об аз як тараф ба васеъшавии он, яъне ба зиёдшавии ҳаҷм, аз тарафи дигар бошад, ба вайроншавии бандҳои гидрогенӣ сабаб шуда, ҳаҷми онро кам мекунад. Бинобар он максимуми зичии об ба ҳарорати  $4^{\circ}\text{C}$  рост меояд.

Банди гидрогенӣ дар равандҳои химиявӣ ҳам нақши калонро мебозад, чунки ҳалшавандагӣ ба қобилияти ҳосил намудани банди гидрогенӣ аз тарафи моддаи ҳалшаванда бо ҳалқунанда вобаста аст. Дар ин вақт бештар маҳсулоти боҳамаъсиркунии онҳо-**солватҳо** ҳосил мешаванд. Барои мисол ҳалшавии спиртҳо дар об дида мебароем. Ин раванд бо хоричшавии гармӣ ва хурдшавии ҳаҷм ба амал меояд, ки исботи ҳосилшавии пайвастагӣ мебошад.



Расми 29. Ихотан (атрофи) молекулаи об дар сохтори ях

Масъала оид ба табиати банди гидрогенӣ то ҳоло пурра ҳал нашудааст. Бешубҳа дар ин ҷо чунин омилҳо - ба монанди боҳамтаъсиркунии байни диполай, эффеќти қутбнокшавӣ ва механизми донору- аксепторӣ нақши муҳимро мебозанд. Бо методи кванто- механикӣ ҳисоб карда баромадани банди гидрогенӣ аз сабаби дағал будани бузургии методи ҳисоббарорӣ, нисбат ба бузургии энергияи банди гидрогенӣ, имконнопазир аст. Дар вақтҳои охир барои иҷрои ин мақсад аз методи орбиталҳои молекулавӣ, ки натиҷаҳои нисбатан хуб медиҳад, истифода мебаранд.

Банди гидروجениро дар бисёр мавридҳо мушоҳида кардан мумкин аст. Масалан, дар кристаллҳои моддаҳои органикӣ (дар онҳо атомҳои С, Н ва О мавҷуд аст), дар сафедаҳо (атомҳои С, Н ва N- ро дорад), дар полимерҳо ва дар узвҳои зинда. Тахмин карда шудааст, ки фазолияти хогира ҳам ба нигоҳ доштани ахборот, дар конфигуратсияҳои банди гидрогенӣ дошта, алоқаманд мебошад. Умумияти банди гидрогенӣ ба он вобаста аст, ки молекулаҳои  $\text{H}_2\text{O}$  дар ҳама ҷой во меҳуранд ва ҳар кадоми онҳо дар таркиби худ ду атоми гидроген ва ҷуфти электрони

умуми нашуда дошта, метавонанд чор банди гидрогениро ҳосил кунанд.

## 4.12. ҲОЛАТҲОИ АГРЕГАТИИ МОДДАҲО

Вобаста ба масофаи байни ҳиссачаҳо ва қувваҳои боҳамтаъсиркунии байни онҳо чор намуди ҳолати агрегатии моддаҳоро фарқ мекунамд: газшакл, моеъ, саҳт ва плазма. Ба ҳолати агрегатии модда ҳарорат ва фишори система ҳам таъсири калон мерасонанд.

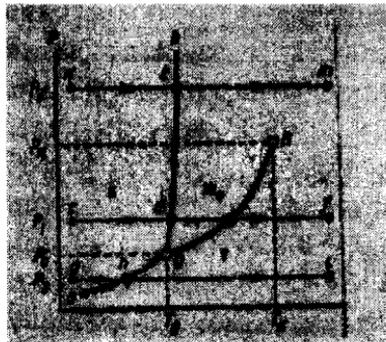
Дар ҳарорати хеле паст модда асосан дар ҳолати саҳт вучуд дорад. Масофаи байни ҳиссачаҳо дар моддаҳои саҳт тахминан ба андозаи худӣ ҳиссачаҳо баробар аст. Дар моддаҳои саҳт энергияи потенциалии миёна ва энергияи кинетикии миёна зиёд аст. Ҳаракати ҳиссачаҳо, ки кристаллро ташкил медиҳанд, хеле ҳам маҳдуд мебошад. Қувваҳо, ки дар байни ҳиссачаҳо амал мекунамд, онҳоро дар масофаи мувозинатӣ нигоҳ медоранд, бинобар он эҳтимолияти мавҷудияти ҳиссачаҳо дар ин ҷойҳо максималӣ мебошад. Вобаста ба ин қисмҳои кристаллӣ соҳиби ҳаҷм ва шаклҳои маҳсус буда, ба лағжиши ҳиссачаҳо муқовимати калон нишон медиҳанд.

Дар натиҷаи гудозиши кристаллҳо моддаи моеъ ҳосил мешавад. Моддаи моеъ аз моддаи саҳт бо он фарқ мекунад, ки на ҳамаи ҳиссачаҳо дар масофаҳои барои ҳолати саҳт хос буда ҷойгиранд, як қисми молекулаҳо аз якдигар дар масофаҳои нисбатан дур ҷойгиранд. Дар ин ҳолат энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо ба энергияи потенциалии миёнаи онҳо баробар мебошад. Одатан ҳолатҳои саҳтӣ ва моегии моддаҳоро бо мафҳуми умумии ҳолати конденсионӣ ифода мекунамд.

Дар натиҷаи бухоршавӣ (ҷӯшиш) моеъ ба ҳолати газшакл мегузарад. Дар ин ҳолат ҳиссачаҳо дар чунин масофае аз якдигар ҷойгиранд, ки бузургии вай аз андозаи ҳиссачаҳо дида хеле ҳам калон аст. Бинобар он қувваҳои боҳамтаъсиркунии байни онҳо хеле ҳам кам мебошанд. Дар ин ҳолати агрегатии модда, ҳиссачаҳо метавонанд озодона ҳаракат кунанд. Агар дар моддаи саҳт ҳамаи ҳиссачаҳо агрегатӣ ягонро ( дар моеъҳо

миқдори бисёр ва устувори агрегатҳоро) ҳосил кунанд, дар газҳо бошад, ҳиссаҷаҳое вомехӯранд, ки танҳо аз 2-5 молекулаҳо иборат буда, умуман адади онҳо он қадар бисёр нест. Энергияи миёнаи кинетикии ҳиссаҷаҳои газ назар ба энергияи потенциалиашон дида зиёдтар аст. Бинобар он қувваҳои кашиши байни ҳиссаҷаҳо, барои онҳоро дар назди якдигар нигоҳ доштан, кифоягӣ намекунанд.

Ҳамин тавр, ҳолат ва хосиятҳои моддаи индивидуалӣ аз рӯи ҳарорат ва фишор муайян карда мешаванд. Агар фишор он қадар калон набуда ҳарорат баланд бошад, онгоҳ модда ҳолати газиро дорад. Дар ҳарорати паст модда саҳт буда, дар ҳарорати муътадил моеъ аст. Дар ҳамин асос диаграммаи фазагии модда аз се



Расми 30. Диаграммаи ҳолатии системаи яккомпонента

майдон (расми 30), ки ба ҳолатҳои сахтӣ (с) моегӣ (м) ва газӣ (г) дахл дорад, иборат мебошад. Ин майдонҳо аз якдигар ба хатҳои қачи гудозиш (қристаллшавӣ) ОВ, ҷӯшиш (конденсатсия) ОК ва сублиматсия (десублиматсия) ОА ҷудо карда шудаанд. Нуқтае, ки ин се майдонро алоқаманд мекунад (0) нуқтаи сечанда ном дорад. Дар вақти  $P=P_0$  ва  $T=T_0$  будан дар якҷоягӣ се ҳолати агрегатии модда вучуд доранд. Нуқтаи охирини ҷӯшиши К нуқтаи критикӣ ном дорад. Дар вақти  $P=P_K$  ва  $T=T_K$  будан, моеъи ҷӯшанда ва буғи хушки сер аз якдигар фарқ намекунанд.

Аз расми 30 дида мешавад, ки дар вақти фишор аз  $P_0$  зиёд будан ва аз  $P_K$  кам будан, масалан дар нуқтаи С, дар вақти  $P_1$  будан, гармкунии изобарии моддаи саҳт ба гудохташавии он меоварад (нуқтаи d). Баъд аз он, ки ҳамаи модда гудохта шуд, илова намудани гармӣ ба баландшавии ҳарорати система сабаб мешавад (ҳолати dL), дар нуқтаи L моеъ мечӯшад, яъне баландшавии ҳарорат боз қатъ мешавад. Баъд аз он, ки тамоми моеъ ба буғ табдил ёфт, гармкунӣ ба аз ҳад гармшавии буғ

меоварад (ҳолати ef). Ҳудуди ҳар ду истгоҳи ҳароратӣ (дар нуқтаҳои d ва f), дар вақти яххела будани дигар шароитҳо, аз рӯи миқдори модда ва табиати он муайян карда мешавад. Чӣ қадар, ки модда бисёр гирифта шуда бошад ва чӣ қадар, ки гармии гудозиш ва буғҳосилшавиаш калон бошад (яъне чӣ қадаре, ки энергияи банди химиявӣ дар кристалл ва фазаи моеъ калон бошад), ҳамон қадар “ағбаҳои” изотермӣ аз болои қачиҳои ОВ ва ОК тӯл мекашанд.

Дар вақти  $P < P_0$  будан (масалан, дар  $P_2$  нуқтаи q) табдилёбии бевоситаи ҳолати сахтии модда ва газшакл (нуқтаи o) ба амал меояд, ки ин ҳолатро сублиматсия меноманд. Барои аксарияти моддаҳо  $P_0 < 1$  атм. буда,  $P_0 > 1$  атм. бошад, ба қисми ками моддаҳо дахл дорад (масалан CO). Гарм кардани кристаллҳо дар вақти  $P = 1$  атм будан, сублиматсияи онҳоро ба амал меорад.

Дар вақти  $P < P_n$  будан (масалан, дар  $P_3$  нуқтаи q) гарм кардани кристаллҳо баъди гудохташавии онҳо (нуқтаи e) ба ҳолати аз ҳад критикӣ меорад. Дар ин нуқта (m) моеъ ва газ аз якдигар фарқ мекунанд.

Чӣ қадар, ки фишор баланд бошад, гудозиш, буғҳосилшавӣ ва сублиматсия ҳамон қадар ҳарорати баландро талаб мекунанд. Танҳо барои  $H_2O$  ва  $Bi$  и қонуният мувофиқ намеояд. Барои онҳо баландшавии фишор пастшавии ҳарорати гудозишро ба амал меорад.

Диаграммаи муҳокимакардаи мо оддитарин буд. Агар моддаи додашуда якчанд модификатсия дошта бошад, онгоҳ диаграмма мураккабтар мешавад, чунки барои ҳар як фаза майдони нав ба амал меояд.

#### 4.13. БОҲАМТАЪСИРКУНИҲОИ БАЙНИ МОЛЕКУЛАВӢ

Дар вақти омӯхтани хосиятҳои моддаҳои гуногун, дар баробари боҳамтаъсиркуниҳои дохили молекулавӣ, ки ифодаи қувваҳои валентӣ (химиявӣ) буда, серӣ, эффекти калони

энергетикӣ ва хосияти махсусро ифода мекунад, зарур аст, ки бо ҳамаъсиркуниҳои байни молекулавии моддаҳо ҳам ба ҳисоб гирифта шаванд. Дар ҳолатҳои васеъшавии газҳо, конденсатсия, адсорбтсия, ҳалшавӣ ва ғайраҳо айнан амалиёти ҳамин қувваҳои ифода меёбад. Одатан онҳоро қувваҳои Ван-дер-Ваалсӣ меноманд.

Боҳамаъсиркунии байни молекулавӣ табиати электрониро дорад, вай аз боҳамаъсиркунии химивӣ бо он фарқ мекунад, ки дар масофаҳои калон ифода ёфта, барои онҳо хосиятҳои тақроршавӣ ва махсус хос набуда, энергияи худро соҳибанд.

Агар масофаи байни молекулаҳо ( $r$ ) калон буда, электронҳо якдигарро тела надиданд, онгоҳ таъсири қувваи кашиш ифода меёбад.

Дар сурати қутбӣ будани молекулаҳо, дар байни онҳо боҳамаъсиркунии электростатӣ вучуд дошта, онро эффекти (тамоюлӣ) ориентатсионӣ ҳам меноманд. Чӣ қадар, ки моменти диполӣ ( $\mu$ ) калон бошад, ҳамон қадар ин эффект бузург аст. Баландшавии ҳарорат ба камшавии ин боҳамаъсиркунии меорад, чунки ҳаракати молекулаҳо тамоюли байниҳамдигарии онҳоро вайрон мекунад.

Агар молекулаҳои модда ғайриқутбӣ бошанд, эффекти тамоюлӣ нест мешавад. Аммо, дар майдони ҳиссачаҳои ҳамсоя афтада, ин молекулаҳо агар деформатсия шаванд (шакли худро дигар кунанд), ҳамон қадар эффекти индуксионӣ калон аст. Энергияи боҳамаъсиркунии ингуна молекулаҳо бо зиёдшавии деформатсия афзуда бо калоншавии  $r$  паст мешавад ва ба ҳарорат вобаста нест.

Манбаи дигари таъсири байни молекулавӣ боҳамаъсиркунии диполҳои лаҳзагӣ мебошад. Ин эффект, ки хусусияти кванто-механикӣ дорад, эффекти дисперсионӣ ном гирифтааст, чунки ин эффект дар ҳақиқат аз лапиши электронии зарядҳо дисперсияи рӯшноиро ба амал меорад. Назарияи боҳамаъсиркунии дисперсионӣ аз тарафи Лондон дар соли 1930 кор карда баромада шудааст. Мувофиқи ин назария қувваҳои

дисперсионӣ дар байни ҳиссаҷаҳои моддаҳои гуногун таъсир карданашон мумкин:

#### 4.14. ҲОЛАТИ КРИСТАЛИИ МОДДА (ТАВСИФИ УМУМИ)

Хосияти асосии ҷисмҳои кристаллӣ анизотропия, ё худ хосияти векторӣ, новобастагии якҷанд хосият (устуворӣ, гармигузаронӣ, фишурдашавӣ) аз самт дар кристалл мебошад.

Шакли кристаллҳоро кристаллографияи геометрия меомӯзад. Асоси онро ду қонун ташкил медиҳад: қонуни доимияти кунҷҳои дуруҳа ва қонуни ададҳои бутун.

Мувофиқи қонуни якум, ки дар соли 1783 аз тарафи Рамеде Л'Илем (Франсия) кашф шуда буд «Дар ҳамаи кристаллҳои моддаи додашуда кунҷҳои байни роҳҳои дахлдор баробар мебошанд».

Мувофиқи қонуни ададҳои бутун, ки дар соли 1784 аз тарафи Гаюи (Франсия) кашф карда шудааст: «Роҳҳои кристалл ҳамавақт дар фазо чунин мувофиқ (тамоюл) қунонида шудааст, ки порчаҳои дар се тирҳои координатӣ бо ёрии як роҳ буридашаванда, нисбат ба порчаҳои ба дигар роҳ бурида шуда, ҳамчун ададҳои бутун мебошад».

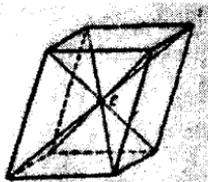
Бешубҳа, ҳиссаҷаҳое, ки аз онҳо кристаллҳо сохта шудаанд, кубикҳо ё параллелопипедҳо нестанд, аммо бо тартиби муайян дар кристалл ҷойгир шуда, панҷараи кристаллиро ҳосил мекунанд, ки гӯё аз ҳучраҳои элементарӣ иборат буда, шакли параллелопипедро доранд. Ба бисёршаклии кристаллҳо нигоҳ накарда, онҳоро олиҷанобона тасниф (классификация) қунонидан мумкин. Чунин таснифқунонӣ аз тарафи олими рус А.В.Гадолин (1867) пешниҳод карда шуда, ба хосиятҳои симметрияи кристаллҳо асоснок қунонида шудааст.

Фигураҳои геометрии симметрия як ё якҷанд элементҳои симметрия (марказ, тир ё ҳамвории симметрия) доранд.

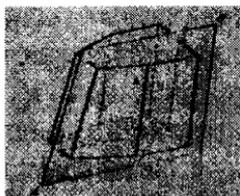
Маркази симметрия – С гуфта нуктаеро меноманд, ки ҳар як хати рости аз он гузарандаро бо ду тақсим мекунад (расми 31).

Ҳамвории симметрияи фигураро ба ду қисм тақсим мекунад, ки ҳар як ҳиссаи он акси оинагии дигараш аст (расми 32). Тир симметрия гуфта хатеро меноманд, ки дар вақти  $360^{\circ}\text{C}$  чарх занондан худастро  $n$ - маротиба такрор мекунад (расми 33).

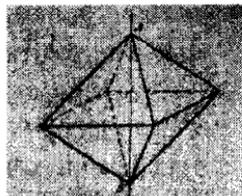
Адади  $n$ - тартиби тир номида мешавад. Ин тартиб якум, дуум ва ғайраҳо буданаш мумкин.



Расми 31. Фигурае, ки маркази симметрия (С) дорад.



Расми 32. Фигурае, ки ҳамвории симметрия (АВ) дорад



Расми 33. Фигурае, ки тир симметрия (АП  $n=4$ ) дорад.

Ҳамаи намудҳои симметрияи кристаллҳо ба се категория: поёнӣ, миёна ва болоӣ тақсим карда мешаванд. Кристаллҳои категорияи поёни тирҳои тартиби олиро надоранд, барои категорияи миёна як тир тартиби оӣ, барои категорияи оӣ якчанд тирҳои тартиби оӣ хос мебошанд. Категорияҳо ба системаҳои кристаллӣ ё худ сингонияҳо тақсим мешаванд.

(«Сингония»- калимаи юнонӣ буда, маънои «син- монанд», «гония-кунҷи»-ро дорад).

Категорияи поён се сингонияро муттаҳид мекунад: триклиний, моноклиний ва ромбӣ.

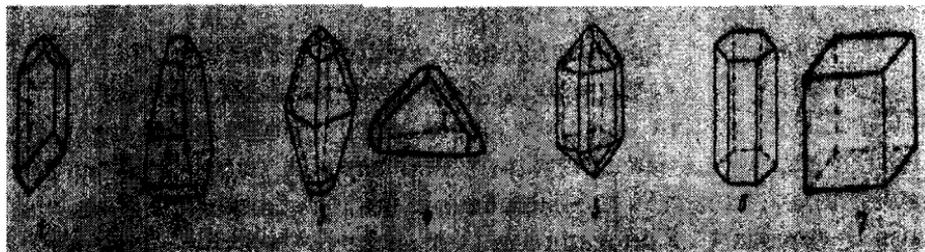
Дар кристаллҳои сингонияи триклиний тир ва ҳамвории симметрия вучуд надорад, маркази симметрия ҳам нашуданаш мумкин. Мисоли моддаҳои, ки ба системаи триклиний дохил мешаванд инҳоянд:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{SiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ва ғайраҳо.

Дар кристаллҳои системаи моноклиний ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$  ва ғайраҳо) тир ва ҳамвории симметрия мавҷуд буда, якчандто шуданашон мумкин аст. Барои системаи ромбӣ ( $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ва ғайраҳо) мавҷудияти якчанд тирҳо ва ҳамвории симметрия хос мебошад.

Категорияи миёна ҳам ба се сингония тақсим мешавад: тригоналий (тири тартиби сеюмро дорад), тетрагоналий (тири

тартиби чорумро дорад) ва гексагонали (тири тартиби шашумро дорад). Мисолҳои сингонияи тригонали-  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ; сингонияи тетрагонали-  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{CaWO}_4$ ,  $\text{PbMO}_4$ ; сингонияи гексагонали- кварс  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{AgJ}$  шуда метавонанд.

Категорияи олий ҳамагӣ як сингонияи кубиро дорад. Мисоли ин сингония кристаллҳои  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaClO}_3$  ва ғайраҳо шуда метавонанд, ки онҳо якчанд тирҳои тартиби олиро доранд. Дар расми 34 мисоли кристаллҳои ба сингонияҳои гуногун дахл дошта оварда шудааст.



Расми 34. Кристаллҳои сингонияҳои гуногун:

категорияи паст

1). Триклиний (гидротартрати стронсий); 2). Моноклиний (қанд); 3). Ромбӣ (сулфур);

категорияи миёна

4). Тригонали (тригидрат периодати натрий -  $\text{NaJO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ );

5). Тетрагонали (касситерит -  $\text{SnO}_2$ ); 6). Гексагонали (нефелин -  $\text{NaAlSiO}_4$ );

категорияи баланд

7). Кубӣ (намаки ош- $\text{NaCl}$ ).

Шарти зарурӣ барои ҳосилшавии кристаллҳои симметрияшон баланд симметриягии ҳиссаҷаҳои онро ташкилқунанда мебошад. Азбаски бисёри молекулаҳо (аз он ҷумла молекулаҳои моддаҳои органикӣ) ғайрисимметрии мебошанд, бинобар кристаллҳои симметрияшон баланд қисми хеле ками кристаллҳои маълумро ташкил медиҳанд.

Ҳамин тавр ҳодисаҳои маълум аст, ки як модда метавонад дар якчанд шаклҳои кристаллӣ вохӯрад, яъне бо сохти дохилии худашон ва бинобар он бо хосиятҳои физико-химиявиашон аз якдигар фарқ кунанд. Ин ҳодисот полиморфизм - номида мешавад. Масалан, барои дуоксиди силитсий ( $\text{SiO}_2$ ) - се модификатсия: кварс, тридимит ва кристобаллит; барои

диоксида титан ( $TiO_2$ )- се модификация: рутил, брукит ва анатаз маълуманд. Дар ҳарорати муайян яке аз шаклҳои полиморфии онҳо устувор мебошад.

Ҳамин тавр, муайян карда шудааст, ки 7 модификацияи  $KNO_3$ , 8 модификацияи  $Na_2SO_4$ , 16 модификацияи нафталин шуданаш мумкин.

Дар байни ҷисмҳои кристаллӣ инчунин ҳодисоти изоморфизм ҳам мушоҳида карда мешавад.

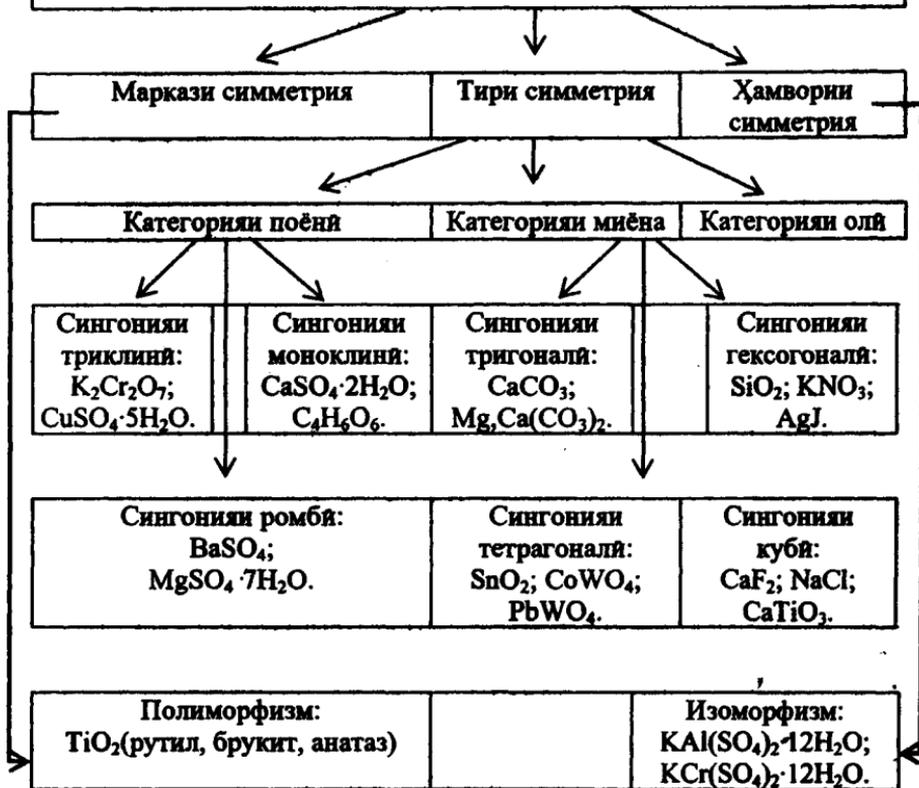
**Изоморфизм**- чунин хосияти атомҳо, ионҳо ё молекулаҳо мебошад, ки дар панҷараи кристаллӣ якдигарро иваз карда кристаллҳои омехта ҳосил мекунанд.

Масалан, кристаллҳои зокҳои алюминий  $-KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  ва кристаллҳои нилобии зокҳои хром  $-KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  шакли якхелаи октаэдри доранд. Агар маҳлули омехтаи ҳар ду намак доштара тайёр намуда, баъд онро буғрон кунем, кристаллҳои ҷудо мешаванд, ки ҳам алюминий ва ҳам хром доранд. Кристаллҳои омехта-омехтаҳои якҷинсаи моддаҳои саҳт ё худ маҳлулҳои саҳти ивазшавӣ мебошанд.

Бинобар ин гуфтан мумкин аст, ки изоморфизм-ин қобилияти ҳосил намудани маҳлулҳои саҳти ивазшавӣ мебошад.

Дар асоси навиштаҳои боло моддаҳои кристаллиро аз рӯи хосиятҳои онҳо чунин тасниф ва тавсиф намудан мумкин:

## ТАСНИФ ВА ТАВСИФИ МОДДАҶОИ КРИСТАЛЛӢ



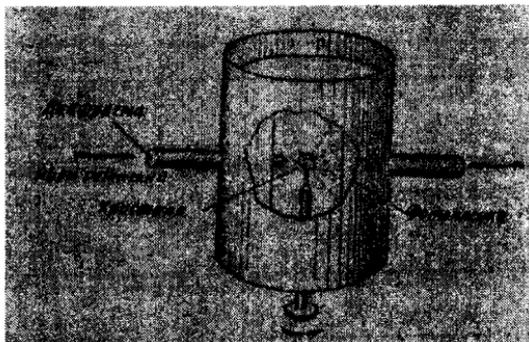
### 4.15. ТАДҚИҚ НАМУДАНИ СОХТОРИ КРИСТАЛЛҶО

Шакли дурусти кристаллҷо ба ҷойгиршавии ботартибонаи ҳиссаҷои онҷоро ташкилкунанда, яъне атомҷо, ионҷо ё молекулаҷо вобаста аст. Ин ҷойгиршавӣ бо шакли панҷараи кристаллӣ ифода ёфтанаши мумкин. Дар гиреҳҳои (нуқтаҳои буриш) панҷара маркази ҳиссаҷо ҷойгир шудаанд, ки кристаллро ташкил мекунад. Ингуна нуқтаи назар (ақида) аз тарафи бисёр тадқиқотчиён, аз он ҷумла Ломоносов М.В., гуфта шуда буданд. Аммо ба таври эксперименталӣ (таҷрибавӣ) исбот намудани сохтори кристаллҷо танҳо дар натиҷаи аз тарафи Лауэ, Фридрих ва Книпинг, дар соли 1912, кашф шудани ҳодисоти

дифраксияи нурҳои рентгенӣ, имконпазир шуд. Ҳоло дар ҳамин асос барои тадқиқи сохтори металлҳо методи таҳлили **рентгеноструктурӣ** васеъ истифода бурда мешавад.

Дар замони ҳозира барои тадқиқи рентгеноструктураи кристаллҳо бо таври васеъ методи **чархзанӣ** истифода бурда

мешавад. Дар ин метод кристалл ба тавре дар маркази камераи цилиндрии мустаҳкам карда мешавад, ки дар девори қафои камера пардаи фотографикӣ ҷойгир кунонида шудааст (расми 35). Бо ёрии механизми соат кристалл оҳиста ба ҳаракат оварда шуда, аз



Расми 35. Ифодаи схемагии камера барои ҳосил намудани рентгенограммаҳо бо методи чархзании кристалл

пахлу ба тири ҳаракати кристалл перпендикулярӣ дастаи нурҳои рентгенӣ раво карда мешавад. Дар ин ҳолат инъикоси нури рентгенӣ ба амал меояд, ки дар тасмаи фотографикӣ қайд карда мешавад. **Рентгенограммаи** ҳосилшуда аз қатори нуқтаҳо иборат буда, изи нурҳои инъикосшуда мебошад. Барои муайян намудани сохтори кристалл ҳамин тавр якчанд рентгенограмма оид ба мавқеъҳои гуногуни кристалл гирифта мешавад.

Агар моддаи кристаллӣ яклухт (монокристалл) набошад, онгоҳ аз методи хока (методи Дебай-Шеррер) истифода мебаранд. Дар ин ҳолат нури рентгенӣ аз таркиби хокаи прескардашудаи кристалл, ки дар цилиндр аст мегузарад. Рентгенограммаи бо ин усул ҳосил кардашуда **дебаеграмма** ном дорад.

Агар мо дар таркиби модда ҷойгиршавии иони гидрогенро муайян кардани шавем, онгоҳ аз методи дифраксияи нейтронҳо истифода мебарем.

Барои тадқиқи сохтори кристаллҳо аз электронография ҳам истифода мебаранд. Ин метод бештар барои тадқиқи

сохтори сатҳи болои кристаллҳо зарур аст. Ҳоло бо ёрии методи таҳлили сохторӣ даҳҳо ҳазор моддаҳои кристаллӣ омӯхта шудаанд. Бо ёрии ин методҳои таҳлил инчунин сохти моддаи наслияти организмҳои (ҷинсҳои) зинда омӯхта шудааст.

#### 4.16. НАВЪҲОИ ПАНЧАРАҲОИ КРИСТАЛЛӢ

Вобаста ба намудии ҳиссаҷаҳои кристаллро ташкил кунанда ва хусусияти банд дар байни онҳо панҷараҳои кристаллӣ ба якҷанд намудҳо тақсим мешаванд.

Дар панҷараҳои кристаллии атомӣ атомҳои нейтрал ҷойгир буда бо якдигар бо ёрии банди ковалентӣ пайванданд. Моддаҳои панҷараҳои атомӣ дошта бисёр намебошанд. Ба онҳо алмос, силитсий, карбидҳо ва ғайраҳо мисол шуда метавонанд. Азбаски пайвастигиҳои ковалентӣ хеле устуворанд, бинобар моддаҳои панҷараи атомӣ дошта ҳама вақт сахт, баландғудохташаванда, камбухоршаванда буда, онҳо амалан ҳалнашавандаанд.

Дар панҷараҳои кристаллии молекулавӣ дар гиреҳҳои панҷара молекулаҳо ҷойгиранд. Аксарияти моддаҳои банди ковалентӣ дошта, ҳамингуна панҷараҳоро ҳосил мекунанд. Намояндагони ин намуд хеле ҳам бисёранд. Чунин панҷараи кристаллиро гидроген, хлор ва дуоксиди карбони сахт ҳосил мекунанд, ки дар ҳарорати муқаррарӣ газ мебошанд.

Кристаллҳои бисёр моддаҳои органикӣ ҳам ба ҳамин намуд тааллуқ доранд. Молекулаҳо, ки дар гиреҳҳои кристаллҳо ҷойгиранд бо якдигар бо ёрии қувваҳои байни молекулавӣ алоқаманд мебошанд. Азбаски ин қувваҳо он қадар калон нестанд, бинобар он кристаллҳои молекулавӣ ба осонӣ ғудохта мешаванд, бухоршаванда буда, саҳтиашон он қадар калон нест. Кристаллҳои, ки газҳои инертӣ ҳосил мекунанд, инчунин панҷараи кристаллии молекулавиро доранд.

Панҷараҳои кристаллии ионӣ бо он фарқ мекунанд, ки дар гиреҳҳои панҷара ионҳои мусбат ё манфизаряднок ҷойгир шудаанд. Намояндагони асосии онҳо фторидҳои металлҳои

ишқорӣ мебошанд. Алоқаи банд байни ионҳо хеле устувор буда, бинобар кристаллҳои ионӣ дар ҳарорати баланд ғудохта мешаванд, онҳо ҳам ба монанди кристаллҳои атомӣ хеле сахт мебошанд.

Панҷараҳои кристаллии, ки аз металлҳо сохта шудааст, панҷараи кристаллии металлӣ номида мешаванд. Дар гиреҳҳои панҷараҳои ингуна кристаллҳо ионҳои мусбати металлҳо мавҷуд буда, электронҳои валентӣ дар байни онҳо бо самтҳои гуногун ҳаракат мекунанд. Дар ин ҳолат маҷмӯи электронҳои озодро гази электронӣ ҳам меноманд. Чунин сохти панҷараи кристаллӣ бо моддаҳо қобилияти баланди электрик- ва гармигузаронӣ ва хосияти пластикӣ медиҳад.

Бо таври схема панҷараҳои асосии кристаллии моддаҳои сахт дар расми 36 ифода ёфтаанд.



Расми 36. Сохторҳои асосии моддаҳои сахт: а - металлӣ; б - ионӣ; в - атомӣ; г - молекулавӣ.

#### 4.17. ҲОЛАТИ МОЕГИИ МОДДА

Ҳолати агрегатии моеъ мавқеи мобайнии ҳолатҳои кристаллӣ ва газиро ишғол мекунад. Бинобар ин дар ҳароратҳои баланд хосияти моеъҳо ба хосияти газҳо ва дар ҳарорати паст ба хосияти моддаҳои кристаллӣ наздик мешавад. Ғайр аз ин дар асоси бисёр дигар хосиятҳои монандии моеъҳо ба моддаи кристаллӣ исбот кардан мумкин.

Масалан, дар моеъҳо мавҷуд будани тартиби фазогии молекулаҳо, дар асоси параклашавии рӯшноӣ, нурҳои рентгенӣ ва далелҳои дигар исбот карда шудааст.

Дебаэграммаи моеъҳо, ки дар наздикии ҳарорати кристаллизатсия гирифта шудаанд, ба рентнограммаи кристаллҳо монанд аст.

Дар моеъҳо сохтори квазикристаллӣ фарқ карда мешавад, ки мувофиқи он ҳар як молекула бо молекулаҳои ҳамсоя чӣ тавре, ки дар кристаллҳо бошад, ихота карда шудааст. Барои моеъҳо, баръакси моддаҳои кристаллӣ, тартиби наздик хос мебошад, яъне дар қабатҳои минбаъдаи ҳамсоя дараҷаи тартиб султар мебошад. Барои моддаҳои кристаллӣ бошад, дар ҳамаи нуқтаҳои фазогӣ, тартиби ҳиссаҷаҳо, атомҳо, ионҳо, молекулаҳо як хел мебошад, яъне моддаҳои кристаллӣ соҳиби тартиби дур мебошанд.

Омухтани пошхӯрии нурҳои рентгенӣ дар моеъҳои аз молекулаҳои бисёратома иборат буда нишон медиҳад, ки молекулаҳо дар моеъҳо на танҳо бетартибона ҷойгиранд, балки ба дараҷае нисбат ба якдигар тамоюл шудаанд, ки ин махсусан ба молекулаҳои қутбнок хос мебошад. Аз таъсири банди гидрогенӣ фаъолияти ин тамоюл пурқувват шуданаш мумкин.

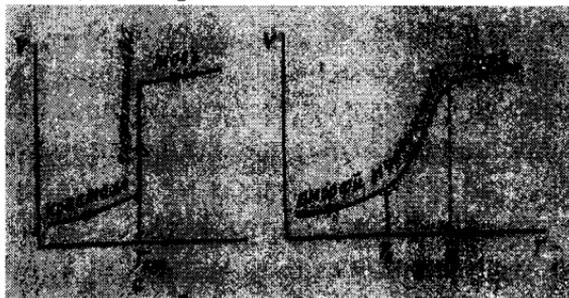
Ҳаракати бетартибонаи молекулаҳо дар ' моеъҳо ба тағйирёбии бетанаффуси масофаи байни онҳо меоварад, яъне гуфтан мумкин, ки сохтори моеъҳо хусусияти статикӣ дорад. Ин яке аз фарқҳои асосии байни моеъҳо ва кристаллҳо мебошад. Хусусияти статикӣ сохтори моеъҳо ба ҳодисоти флукуатсия, яъне бе танаффус майл намудан на танҳо аз зичии миёна балки аз тамоюли миёна ҳам, вобаста аст.

#### 4.18. ҲОЛАТИ АМОРФИИ МОДДА

Моддаҳои аморфӣ аз моддаҳои кристаллӣ бо хосияти изотропии худ фарқ мекунанд. Яъне агар мо ягон хосияти моддаи аморфиро чен кунем, вай барои ҳамаи самтҳои дохилии модда як хел мешавад.

Сохтори аморфӣ ҳам бо монанди сохтори моеъ тартиби наздикро дорад. Бинобар гузаштани моддаи аморфӣ аз ҳолати сахтӣ ба моегӣ бо тағйирёбии ҷаҳиши хосият ба амал намеояд.

Моддаи аморфӣ аз кристаллӣ бо он фарқ мекунад, ки гудозиши вай ба тағйирёбии ҳаҷми хосият ба амал наомада, балки фосилаи мулоимшавӣ дорад, ки дар ин муддат хосиятҳо пай дар пай тағйир меёбанд (расми 37). Ин фосила вобаста ба табиати моддаҳо аз даҳҳо то садҳо дараҷа шуданаш мумкин. Мавҷуд будани фосилаи мулоимшавӣ, ки дар давоми он моддаи аморфӣ дар ҳолати пластикӣ вучуд дорад, бевосита дар бораи эквивалентии сохтории ҳиссаҷаҳои он



Расми 37. Тағйирёбии ҳаҷм дар вақти гарм намудани моддаҳои кристаллӣ.

шаҳодат дода, натиҷааш тадриҷан вайроншавии банд дар вақти гармкунӣ мебошад. Аммо ин ғайриэквивалентӣ он қадар калон нест, чунки гармии табдилёбии ҷисми аморфӣ бо кристаллӣ бузург нест.

Аксаран шаклҳои аморфӣ ва кристаллӣ-ин ҳолатҳои гуногуни ҳамон як моддаи додашуда мебошад. Масалан, шаклҳои аморфии як қатор моддаҳои содда-сулфур, селен, фосфор, оксидҳо ( $\text{BrO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ClO}_2$ ) ва ғайрҳо мавҷуданд. Аммо, дар навбати худ, аксарияти моддаҳои аморфӣ, алалхусус полимерҳои органикӣ, кристаллҳо ҳосил намекуанд.

Азбаски моддаҳои намунавии аморфӣ шишаҳои силикатӣ мебошанд, бинобар аксаран ҳолати аморфиро (яъне бе кристаллизатсия) шишашакл номида, дар зери калимаи шиша, гудохтан бо таври аморфӣ (бе кристаллизатсия) хунук шударо меноманд. Кашиши калони (бузургӣ) шишаҳо имконият медиҳад, ки онҳо солҳои дароз, бе аломатҳои намоёни кристаллизатсия нигоҳ дошта шаванд.

Полимерҳо ҳам моддаҳои аморфӣ меноманд: онҳо аз ҷисмҳои аморфии оддӣ бо он фарқ мекунанд, ки аз моеъҳои дахлдор дар натиҷаи пастшавии ҳарорат не, балки дар натиҷаи пайвастшавии химиявии молекулаҳо ҳосил мешаванд.

Фарқи дигар аз он иборат аст, ки дар вақти гузаштан аз ҳолати аморфӣ ба кристаллӣ, кристаллизатсия, аз сабаби калон будани молекула, танҳо як қисми ҳудудро дар бар мегирад.

Чӣ қадар, ки ҳиссаҷаҳо симметрӣ бошанд ва бо таври симметрӣ ҷойгиршуда бошанд, алоқа дар байнашон кам бошад, ҳамон қадар имконияти ҳосилшавии моддаҳои кристаллӣ зиёд мешавад.

#### 4.19. ҲОЛАТИ ГАЗИИ МОДДА

Моддаҳои газшакл ҳаҷми муайян надошта, дорои зичии кам мебошанд ва қобилият доранд, ки ҳаҷми гуногунро ишғол кунанд.

Мувофиқи назарияи кинетикии газҳо, онҳо ҳамчун маҷмӯи атомҳо ё ин ки молекулаҳои ҳисоб карда мешаванд, ки доимо дар ҳаракатанд. Молекулаҳо бо суръатҳои гуногун ҳаракат мекунанд, ки ин ба вазни (массаи) онҳо вобаста мебошад. Газҳои сабук бо суръати баланд ҳаракат мекунанд. Масалан,  $H_2$  дар  $0^\circ C$  суръати ҳаракаташ  $1698$  см/сония мебошад. Суръати ҳаракати дигар газҳои содда ва мураккаб тахминан  $400-300$  см/сонияро ташкил медиҳад.

Газҳо идеалӣ ва реалӣ шуданашон мумкин аст. Ҳолати газҳои идеалӣ бо ёрии муодилаи Клайперон- Менделеев, ки таъсири байни яқдигарии молекулаҳои газро ба ҳисоб намегирад, ифода карда мешавад:

$$PV=nRT.$$

Дар ин ҷо:  $R$ - доимии универсалии газӣ;  $n$ - адади молҳои газ.

Дар вақти омӯхтани газҳои реалӣ, кашиши байни ҳамдигарии молекулаҳо ба ҳисоб гирифта мешавад. Ин қувваи кашиш ба квадрати ҳаҷми газ мутаносиби чап мебошад, ки вай бо ҳарфи  $a$  ишора карда мешавад.

Яъне:

$$\frac{a}{V^2}.$$

Аз ин ҷо маълум мешавад, ки алоқамандии фишори гази реалӣ ба ҳаҷми  $V$  чунин мебошад:  $P = \frac{a}{V^2}$ , ки дар ин ҷо бузургии  $a$  ба табиати газ вобастагӣ дорад. Ғайр аз ин ба ҳисоб гирифта шудааст, ки ҳаракати газҳо дар ягон ҳаҷми  $V-b$  ба амал меояд. Муодилаи ҳолати газҳои реалиро чунин ифода кардан мумкин:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = nRT.$$

Ин муодилаи Ван-дер-Ваалс мебошад.

Мувофиқи муодилаи додашуда дар вақти қимматҳои лозимӣ гирифтани бузургиҳои  $a$  ва  $b$  в газ метавонад аз ҳолати газӣ ба моеъгӣ табдил ёбад. Вобаста ба табиати газ барои ба моеъ мубаддал шудани он қимматҳои гуногуни  $a$  ва  $b$  в лозим аст.

## 4.20. ҲОЛАТИ ПЛАЗМАГИИ МОДДА

Агар ба газ бо энергияи калон таъсир карда шавад, он гоҳ аз молекулаҳои онҳо электронҳо ҷудо шуданашон мумкин, ки дар натиҷа дар фазои ишғолкардаи ин модда ҳиссаҳои мусбат ва манфӣ заряднок пайдо мешаванд. Яъне ҳолати ионизатсияи (ионнокшавии) термикӣ (гармӣ) ба амал меояд, ки дар натиҷаи он газ қобилияти электрикгузаронӣ пайдо намуда, ба ҳолати плазмагӣ табдил меёбад. Бинобар гуфтан мумкин, ки дар байни газ ва плазма ҳудуди қатъие нест. Вақте, ки модда ба майдони магнитӣ афтад, ҳамонро плазма пайдо мешавад, чунки дар ин ҳолат ҳаракати ҳиссаҳои заряднок ботартибона мешавад.

Умуман плазма-ин гази ионнокшудае мебошад, ки консентратсияи баланди ионҳои зарядноки амалан миқдори якхелаи ҳиссаҳои мусбат ва манфӣ заряднок шуда дорад.

Дар шароитҳои табиӣ заминӣ плазма-ҳодисоти камёб (нодир) мебошад. Аммо дар қабатҳои бологии атмосфера, ки доимо дар зери таъсири моддаҳои ионнокунанда мебошанд, доимо плазмаи сусткунонидашуда - ионосфера вучуд дорад. Дар фазои кайҳонӣ плазма яке аз ҳолатҳои паҳншударини модда мебошад.

# БОБИ V. РЕАКСИЯҶОИ ХИМИЯВӢ ВА ОМИЛҶОИ БА ОНҶО ТАЪСИРКУНАНДА

## 5.1. ТАСАВВУРОТҶОИ АСОСӢ ДАР БОРАИ ТЕРМОХИМИЯ

Ҳамагуна реаксияҳои химиявӣ бо эффекти энергетикӣ яъне бо хоричшавӣ ё фурубарии гармӣ мегузаранд. Барои ифодаи ин раванд аз ду тасаввурот истифода мебаранд: а) агар дар натиҷаи реаксияи химиявӣ энергия ба муҳити беруна хорич шавад, чунин реаксияро экзотермӣ ва баръакс: б) агар реаксияи химиявӣ бо фуру бурдани энергия аз муҳити беруна ба амал ояд, чунин реаксияро эндотермӣ меноманд. Энергияҳое, ки дар вақти реаксияҳои химиявӣ хорич мешаванд аз ҷиҳати бузургии худ яхсела нестанд, бинобар бо намудҳои гуногун зоҳир мешаванд. Масалан, таркиши гази тарканд, сӯзиши магний, сӯختани натрий дар хлор, реаксияҳои алюмотермӣ, ки бо суръати хеле баланд гузашта, бузургии энергияшон гуногун аст, ифодаи реаксияҳои химиявӣ мебошад. Аммо бештар реаксияҳои химиявӣ бо тағйироти нисбатан ками энергия мегузаранд, алаҳусус дар химияи органикӣ

Дар реаксияҳои химиявӣ энергия на танҳо ба намуди гармӣ фуру бурда шуда ё худ хорич карда мешавад, балки дар якҷанд намудҳои дигар ҳам вохӯрад. Маълум аст, ки намудҳои гуногуни энергияи реаксияҳои химиявӣ бо ҳам эквивалент ҳастанд, яъне бо якдигар бо нисбатҳои муайян тақдир меёбанд.

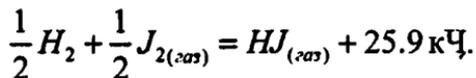
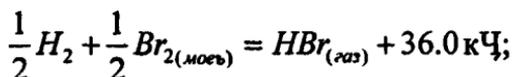
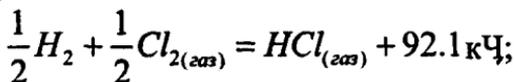
Азбаски бештар дар вақти реаксияҳои химиявӣ энергия бо намуди гармӣ фуру бурда мешавад ё хорич карда мешавад, ҷен кардани он осонтар аст, бинобар онро бо воҳиди гармӣ ҷен мекунанд. Ин воҳиди эффекти гармии реаксия номида шудааст.

Дурустар мебуд, ки онро эффекти энергетикӣ меномиданд, вале аз сабаби ба «эффекти гармии реаксия» одат кардан, чунин ном паҳн шудааст.

Дар илм ду системаи ифода намудани аломати эффекти гармии реаксияҳои химиявӣ паҳн шудааст. То вақтҳои охир

эффектҳои гармиро нисбат ба муҳити берунаи реаксия омӯхта истода, дар сурати хориҷ шудани гармӣ он экзотермӣ (+Q) ва агар гармӣ аз тарафи система фуру бурда мешуд чунин равандро эндотермӣ (-Q) меномиданд.

**ГАРМИ ҲОСИЛШАВИЙ.** Гармие, ки дар вақти ҳосилшавии 1 мол модда аз моддаҳои содда (дар шароити муқаррарӣ) хориҷ мешавад, гармии ҳосилшавӣ номида мешавад:



Дар замони ҳозира, дар адабиёти химиявӣ, махсусан дар термодинамика, дигар системаи аломатҳо истифода бурда мешавад. Дар ин сурат эффекти гармии реаксия аз нуқтаи назари ҳуди реаксияи химиявӣ омӯхта мешавад. Бинобар, агар эффекти гармии реаксия экзотермӣ бошад ба вай аломати минус (-) ва агар эндотермӣ бошад аломати плюс (+) медиҳанд. Ин он маъноро дорад, ки дар вақти реаксияи экзотермӣ системаи гармии худро медиҳад, дар реаксияи эндотермӣ бошад, системаи гармиро қабул мекунад.

**ГАРМИИ ҲАЛШАВИЙ.** Вобаста ба табиати ҳалкунанда ва ҳалшаванда раванди химиявӣ метавонад бо хориҷшавӣ ё фурубарии гармӣ ба амал ояд. Гармии ҳалшавиро аз рӯи 1 мол моддаи ҳалшаванда муайян мекунанд.

Гармии ҳалшавӣ гуфта чунин миқдор гармиро меноманд, ки дар вақти ҳалшавии 1 мол модда дар ҳаҷми калони ҳалкунанда хориҷ ва ё фуру бурда мешавад:



**ГАРМИИ НЕЙТРАЛИЗАТСИЯ.** Реаксияи нейтрализатсия одатан бо эффекти гармии мусбӣ мегузарад. Мувофиқи қонуни Гесс (1841) дар вақти нейтрализатсияи кислотаи қавӣ бо асоси қавӣ эффекти яххелаи гармӣ дида мешавад, ки вай ба 57,3 кҶ/экв кислота ё асос баробар аст. Ин қонидаро —қондаи гармии доими нейтрализатсия меноманд:



**Ҳамин тавр, гармии нейтрализатсия гуфта миқдори гармиеро меноманд, ки дар вақти бо ҳамтаъсиркунии 1 экв. кислота ба 1 экв. асос хориҷ мешавад.**

Донистани эффекти гармии реаксияҳои химиявӣ на танҳо аҳамияти илмӣ- назариявӣ, балки аҳамияти бениҳоят амалӣ ҳам дорад. Масалан, барои он ки оид ба ҳолатҳои дар муҳаррикҳо, истгоҳҳои электрикии бо гармӣ кор кунанда, системаҳои гуногуни гармкунанда, техникаи мушаксозӣ ва ғайраҳо маълумоти мукамал гирем, зарур аст, ки миқдори гармии хориҷшударо аз сӯхтани ин ё он сӯзишворӣ, ин ё он реаксияи химиявӣ донем.

Бешубҳа барои ҳуди фанни химия ҳам донистани қонуниятҳои он ҳолат хеле аҳамияти калон дорад. Махсусан барои дуруст ҳисоб кардани баланси гармӣ дар реаксияҳои химиявӣ, барои бехато ва бехатарона гузаронидани реаксияҳои химиявӣ ва ғайраҳо.

Ғайр аз ин дар асоси доништан ва ҳисоб кардани эффекти гармии реаксияҳои химиявӣ мо метавонем имконияти амалӣ шудани ин ва ё он реаксияро пешгуи кунем.

## **ЯҚЧАНД МАЪЛУМОТҲОИ ИЛОВАҒӢ АЗ ТЕРМОХИМИЯ**

Ҳар як ҷисм захираи муайяни энергияи дохилиро дорад. Ба энергияи дохилӣ инҳо тааллуқ доранд: энергияи потенциалии боҳамтаъсиркунии ядроҳо, электронҳо, электронҳо бо ядроҳо, энергияи кинетикии ядроҳо, энергияи кинетикии электронҳо, энергияи ядровӣ ва ғайраҳо. Бояд қайд намуд, ки энергияи дохилии моддаҳо хеле бисёранд ва на ҳамаи онҳо ба мо маълум

мебошанд. Захираи энергияи дохилии ҷисмҳо асосан аз табиати ин ҷисм, аз шароитҳои мавҷудияти онҳо ва аз массаҳои онҳо вобаста аст.

Ба табиати модда алоқаманд будани захираи энергияи дохилии нишон медиҳад, ки маҷмӯи энергияҳои дохилии моддаҳои реаксия бояд аз маҷмӯи энергияҳои дохилии моддаҳои барои реаксия сарф шуда фарқ кунад. Аз ин чунин хулоса мебарояд, ки бояд дар вақти реаксияҳои химиявӣ гармӣ ё хориҷ карда шавад ва ё фуру бурда шавад.

Чӣ тавре, ки дар боло қайд карда шуд, захираи энергияи дохилии модда бояд ба шароити беруна вобаста бошад. Омилҳои асосие, ки ин шароити берунаро ташкил мекунанд, аз ҳаҷм, ҳарорат ва фишор иборатанд.

Дар байни энергияи дохилии система аз як тараф ва фишор аз тарафи дигар чунин алоқамандӣ мавҷуд аст:

$$Q_v = \text{Const} + \Delta U;$$

$$Q_p = \text{Const} + P_{\Delta v}.$$

Яъне дар ҳолати доимӣ будани ҳаҷм тағйирёбии энергияи дохилии система ( $\Delta U$ ) танҳо аз ҳисоби гармии муҳит ба амал омадани мумкин.

Дар ҳолати доимӣ будани фишор бошад, эффекти гармӣ ба  $\Delta U + P_{\Delta v}$  баробар аст. Дар термодинамика бузургии  $U + PV$  бо ҳарфи  $H$  ифода кардашуда, энталпия ё гёрминигоҳдорандагӣ номанда мешавад.

Агар  $U + PV = H$  бошад, онгоҳ ин бузургӣ дар ҳолати реаксияи химиявӣ ба  $\Delta H = \Delta U + P_{\Delta v}$  баробар аст. Дар ин ҷо  $\Delta H$  — тағйирёбии энталпия мебошад (энталпияи раванд).

## 5.2. ҚОНУНҲОИ АСОСИИ ТЕРМОХИМИЯ

Қонунҳои асосии термохимия ифодаҳои қонуни нигоҳдории энергия мебошанд.

Қонуни якуми термохимия бо номи қонуни Лавуазе-Лаплас маълум аст, ки чунин таърифот дорад: миқдори гармӣ, ки дар вақти рафтонавии ягон моддаи мураккаб ба моддаҳои содда

хориҷ мешавад ё фуру бурда мешавад, ба миқдори гармие, ки ҳангоми ҳосилшавии ҳамин моддан аз ҳамон моддаҳои содда фуру бурда мешавад ё хориҷ мешавад, баробар мебошад.

Ин қонунро бо таври умумӣ чунин таъриф мекунад: **эффекти гармии реаксияи рост ба эффекти гармии реаксияи чап баробар буда, аломаташ баръакс аст.**

Қонуни якуми термохимия дар сурате истифода бурда мешавад, ки агар аз таҷриба бевосита чен кардани эффекти гармии реаксияи рост душвор ё имконнопазир бошад. Масалан, чӣ тавре, ки маълум аст оксиген бевосита ба хлор пайваст намешавад. Бинобар ин оксидҳои  $Cl_2O$ ,  $ClO_2$  ва  $Cl_2O_7$  —ро бевосита не, балки бавосита (ғайримустақим) ҳосил мекунад. Аз ин рӯ имконияти муайян намудани эффекти гармии реаксияҳои ҳосилшавии ин оксидҳо мавҷуд нест. Бинобар, ин оксидҳоро ба моддаҳои содда вайрон карда, эффекти гармии чунин реаксияҳоро чен мекунад. Сони аломатҳоро иваз карда, мо метавонем бузургҳои эффекти гармии ҳосилшавии ин оксидҳоро муайян намоем.

**Қонуни дуюми термохимия-қонуни Гесс** номида шуда, якчанд таъриф дорад:

а) **Эффекти гармии қатори пай дар пайи реаксияҳо ба эффекти гармии ҳамингуна қатори реаксияҳо баробар аст, ки агар моддаҳои гирифташуда ва маҳсулоти реаксия дар ду ҳолат як хел буда, дар ҳолатҳо ва шароитҳои монанд вучуд дошта бошанд. Ё худ:**

б) **Эффекти гармии реаксия аз роҳҳои ба амал омадани реаксия не, балки танҳо аз ҳолатҳои аввала ва охири он вобаста аст.**

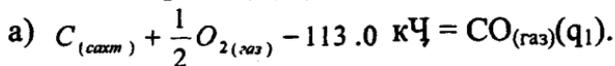
Худ аз худ маълум аст, ки қонуни Гесс ҳам ифодаи қонуни нигоҳдории энергия буда, имконнопазирии сохтани муҳарриқи абадиро нишон медиҳад.

Қонуни Гесс барои ҳисоббарорирҳои термохимиявӣ васеъ истифода бурда мешавад. Ҳақиқатан ҳам дар асоси ин қонун мо метавонем эффекти гармии зиннаҳои алоҳидаи реаксияи

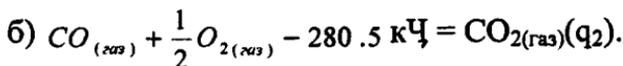
мураккаби химиявиरो дониста истода, маҷмуи эффекти гармии реаксия ва эффекти гармии зинаи номаълумро ёбем.

Масалан, сӯзиши карбонро бо ду зина ифода намудан мумкин.

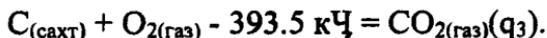
Аввал оксиди карбон (II) ҳосил мешавад:



Баъд оксиди карбон (II)-ро то ба оксиди карбон (IV) оксид мекунонем:



Дар асоси нишондодҳои реаксияҳои боло ва мувофиқи қонуни Гесс мо метавонем маҷмуи гармии реаксияҳоро ҳисоб кунем:



Мувофиқи қонуни Гесс, дар асоси мисолҳои овардашуда, мо метавонем эффекти гармии реаксияҳои сӯзиши карбонро то  $\text{CO}_2$  ва  $\text{CO}$ -ро то  $\text{CO}_2$  дониста истода, эффекти гармии сӯзиши карбонро то  $\text{CO}$  ҳисоб кунем. Яъне:

$$\text{в) } q_1 = q_3 - q_2.$$

Ҷи тавре, ки қайд карда шуд, дар термохимия муайян кардани ҳолати моддаҳои ба ҳамтаъсиркунанда ва маҳсулоти реаксия хеле муҳим аст. Барои он, ки дар маълумотҳои термодинамикӣ тартиби муайян бошад ва он маълумотҳо дар ҳисоббарориҳо истифода бурда шаванд, олимон ба чунин қарор омадаанд, ки ҳолатҳои муайяни стандартӣ интихоб карда шаванд. Ҳолати стандартии газ - ин ҳолати гази тоза дар 1 атм; барои моеъҳо - ин ҳолати моеъи тоза дар 1 атм; барои моддаи сахт - ҳолати хусусиятноки кристаллӣ дар 1 атм (масалан, графит дар ангишт, сулфури ромбӣ дар сулфур). Дар ҳолати стандартӣ ҳарорат ба  $T=298^\circ\text{K}$  баробар аст.

Дар вақти навиштани муодилаи реаксияҳо моддаҳои сахт бо ҳарфи (с), моеъ (м), газ (г) ишора карда мешаванд, чунки тағйирёбии энталпия (эффекти гармӣ) ба ҳолати агрегатии моддаҳои таъсиркунанда ва маҳсулоти реаксия вобаста аст.

Барои чен кардани эффектҳои гармии реаксияҳои химиявӣ аз калориметрҳои истифода мебаранд. Дар калориметри паҳншудатарин реаксияи химиявӣ дар камерае мегузарад, ки дар зарфи изолятсияшудаи миқдори муайяни об дошта ҷойгир кунонида шудааст. Баландашавии ҳарорати об бо термометри ҳассос чен карда мешавад.

Ҳосили зарби ҳарорати зиёдшуда ва гармигунҷоиши умумии обу калориметр ба миқдори гармии хориҷшуда баробар аст. Гармигунҷоиши обро, ки камераи реаксиониро иҳота кардааст, дар асоси зарб намудани массаи об ба гармигунҷоиши хоси он ҳосил мекунанд. Гармигунҷоиши калориметр ё дар асоси эффекти гармии муайяни реаксия, ё дар асоси дохил намудани миқдори муайяни гармӣ бо ёрии гармкунандаи электрикӣ муайян карда мешавад. Барои он, ки тағйирёбии ҳарорат дар калориметр муайян карда шавад, қадвали алоқамандии ҳароратро аз вақт то ва баъд аз реаксия сохта, баъд ҳар ду хатро бо вақти реаксия экстраполятсия мекунанд.

Фарқи байни бузургиҳои экстраполятсияшудаи ҳарорати аввалаю охирини он зиёдшавии ҳарорате мебошад, ки дар калориметр ба амал омадааст.

### 5.3. СУРЪАТИ РЕАКСИЯҶОИ ХИМИЯВӢ

Суръати реаксияҳои химиявӣ ҳудудҳои хеле ҳам калон дорад. Аксарияти реаксияҳо дар маҳлулҳо чунон тез мегузаранд, ки онҳоро чен кардан хеле ҳам мушқил аст. Суръати реаксияҳо, ки бо намуди таркишҳо мегузаранд, ниҳоят баланд аст.

Инчунин реаксияҳо ҳам шуданашон мумкин, ки онҳо дар муддати дақиқаҳо, соатҳо ва солҳои бисёре мегузаранд. Масалан, табдилёбии химиявии шиша, шлак ва ҷинсҳои кӯҳӣ хеле ҳам суст мегузарад. Таълимот дар бораи суръати реаксияҳои химиявӣ- **кинетикаи химиявӣ** номида мешавад. Суръати реаксия аз рӯи тағйирёбии қонцентратсияи моддаҳои дар реаксия иштироккунанда дар воқиди вақт муайян карда мешавад.

Омилқои муҳиме, ки ба суръати реаксияҳои химиявӣ таъсир мекунад, инҳоянд: концентратсияи моддаҳои ба реаксия дохилшаванда, ҳарорат ва катализатор.

**Таъсири концентратсия.** Чӣ қадар, ки концентратсияи модда зиёд бошад ҳамон қадар дар воҳиди ҳаҷм миқдори бисёри молекулаҳо мавҷуданд ва бинобар он ҳамон қадар реаксия тезтар мегузарад. Бо гузаштани вақт суръати реаксия паст мешавад, чунки концентратсияи моддаҳои бо ҳамтаъсиркунанда кам мешавад.

Вобаста будани суръати реаксияҳои химиявӣ аз концентратсияи моддаҳо, бо қонуни таъсири масса ифода карда мешавад. Мувофиқи ин қонун: «**Суръати реаксияи химиявӣ, дар ҳолати доимӣ будани ҳарорат, ба ҳосили зарби концентратсияи молярии моддаҳои бо ҳамтаъсиркунанда мутаносиби рост мебошад**».

Масалан, барои реаксия  $A+B=AB$  қонуни таъсири масса чунин ифода меёбад:

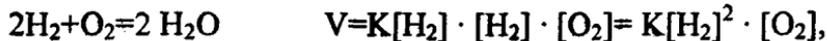
$$V=K \cdot [A] \cdot [B].$$

Дар ин ҷо  $V$ - суръати реаксия,  $K$ - коэффитсиенти мутаносибӣ, ки константаи суръати реаксия ҳам номида мешавад. Бузургии  $K$  танҳо ба ҳарорат вобаста буда, ба концентратсияи моддаҳо вобаста нест.  $[A]$ ,  $[B]$ - мувофиқан концентратсияҳои молярии моддаҳои  $A$  ва  $B$  дар лаҳзаи вақт ( $t$ ) мебошанд.

Агар концентратсияи моддаҳои  $A$  ва  $B$  ба 1 баробар бошад, яъне:

$$[A] = [B] = 1, \text{ он гоҳ: } V=K \text{ мешавад.}$$

Мувофиқи қонуни таъсири масса, суръати реаксияи ҳосилшавии  $HJ$  ва  $H_2O$  чунин ифода меёбад:



ё худ бо шакли умумӣ:

$$mA + nB = C \qquad V=K[A]^m \cdot [B]^n.$$

Таъсири ҳарорат. Баландшавии ҳарорат ҳам тағйирёбии калони суръати реаксияро ба амал меорад. Ин вобастагӣ бо қонуни Вант-Гоф ифода ёфааст, ки мувофиқи он: «Дар вақти баландшавии ҳарорат ба 10 дараҷа (градус) суръати реаксия то 2-4 маротиба зиёд мешавад». Ин қоида бо таври математики чунин

ифода меёбад:

$$VT_2 = VT_1 \cdot \gamma^{10 \frac{T_2 - T_1}{T_1}}$$

Дар ин ҷо:

$VT_2$  – суръати реаксия баъд аз баландшавии ҳарорат то  $T_2$ ;

$VT_1$  – суръати аввалии реаксия, ки ҳарораташ  $T_1$  буд;

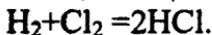
$\gamma$  – коэффитсенти ҳароратии реаксия.

Сабоби асосии афзудани суръати реаксия дар вақти баландшавии ҳарорат- ин афзудани ҳиссаи молекулаҳои фаъол мебошад.

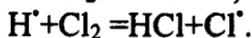
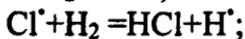
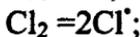
Молекулаҳои фаъол гуфта, чунин молекулаҳоро меноманд, ки энергияшон нисбат ба энергияи миёнаи молекулаҳо зиёдтар аст.

Энергияе, ки барои фаъол кунидани молекулаҳо сарф мешавад (дар вақти гармкунии) энергияи фаъолкунии номида мешавад.

Чунин реаксияҳое мавҷуд аст, ки дар онҳо фаъолнокии як ҳиссаҷа сабабгори фаъолшавии дигар ҳиссаҷаҳо мешавад. Чунин реаксияҳо-реаксияҳои занҷирӣ номида мешаванд. Масалан, муайян карда шудааст, ки ҳосилшавии HCl, дар вақти гарм кардан ё таъсири рӯшноӣ, ногаҳонӣ ба амал меояд:

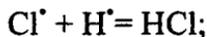


Тадқиқотҳо нишон додаанд, ки ин реаксия аз зинаҳои алоҳида иборат аст:



Яъне хлори атомӣ сабабгори пайдошавии гидрогени атомӣ мешавад.

Кандашавии занҷир танҳо дар сурате ба амал меояд, ки агар атоми хлор бо молекулаи гидроген нею, балки бо атомҳои фаъоли гидроген ва хлор вохӯрад:



Аммо эҳтимолияти чунин вохӯриҳо хеле кам аст. Чунки концентратсияи атомҳои фаъоли  $\text{H}^{\cdot}$  ва  $\text{Cl}^{\cdot}$  нисбат ба концентратсияи атомҳои  $\text{Cl}_2$  ва  $\text{H}_2$  хеле кам мебошад.

Баъзан дар ҳолати реаксияи занҷирӣ як ҳиссаҷаи фаъол якчанд ҳиссаҷаҳои фаъоли дигарро ҳосил мекунад, ки ҳар кадоми онҳо реаксияи занҷирии алоҳидаро ба амал меоранд.

Чунин реаксияҳо-реаксияҳои занҷирии шохадор номида мешаванд. Оид ба ингуна реаксияҳо академик Н.Н.Семёнов тадқиқотҳои мукамал бурда, маълумотҳои хеле муҳиме ҷамъ оварда аст, ки онҳо барои фаҳмиши равандҳои сӯзиш ва таркиш хеле ҳам аҳамияти калон доранд.

#### 5.4. КАТАЛИЗ ВА КАТАЛИЗАТОРҲО

Дар асоси таҷрибаҳои бисёр муайян карда шудааст, ки баъзан илова намудани миқдори ками ягон модда ба омехтаи реаксионӣ ба суръати реаксияи химиявӣ таъсири калон мерасонад.

Масалан, металли радий вайроншавии кислотаи мурчаро то гидроген ва  $\text{CO}_2$  қариб 10000 маротиба меафзоёнад. Ё худ, илова намудани миқдори ками  $\text{MnO}_2$  ба маҳлули пероксидаи гидроген суръати вайроншавии онро ба гидроген ва оксиген якчанд маротиба зиёд мекунад. Бинобар, катализаторҳо гуфта моддаҳои менаманд, ки суръати реаксияҳои химиявиро тағйир дода, худашон ба таркиби маҳсулоти реаксия дохил намешаванд. Ҳодисоти тағйирёбии суръати реаксияи химиявӣ дар ишироқи катализатор катализ номида мешавад.

Баъзе катализаторҳо суръати реаксияҳои химиявиро якчанд маротиба зиёд мекунад ва бинобар имконият пайдо мешавад, ки реаксияҳои хеле суст раванд ва амалан ҳис нашаванда хеле тез гузаранд. Ғайр аз ин катализаторҳои маълум аст, ки суръати реаксияро суст мекунад. Ингуна катализаторҳои ингибиторҳо менаманд.

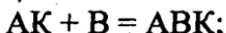
Хосияти махсуси катализаторҳо аз он иборат аст, ки агарчанде дар муҳити реаксия бо миқдори кам ҳам вучуд дошта бошанд ҳам, ба суръати реаксия таъсири бениҳоят калон мерасонанд. Масалан, 1 мол катализатори биологӣ (ферменти каталаза) қобилият дорад, ки дар 0°C ва муддати 1 сония 100000 мол пероксиди гидрогенро вайрон кунад.

Асосан ду намуди катализро фарқ мекунамд: **гомогенӣ** ва **гетерогенӣ**. Хосияти махсуси катализи гомогенӣ аз он иборат аст, ки ҳам катализатор ва ҳам моддаҳои бо ҳам таъсиркунанда дар ҳолати якхелаи агрегатӣ мебошанд. Дар катализи гетерогенӣ бошад, моддаҳои бо ҳамтаъсиркунанда ва катализатор дар ҳолатҳои агрегатии гуногун мебошанд.

Катализи гомогенӣ аз ҳама беҳтар дар асоси назарияи пайвастагиҳои мобайнӣ фаҳмонида шуданашон мумкин. Агар реаксияи химиявӣ  $A+B=AB$  суз гузарад, таъсири катализатори  $K$  аз он иборат мешавад, ки вай ба моддаҳои гирифашуда ба реаксия дохил шуда, пайвастагии ноустувори мобайниро ҳосил мекунад:

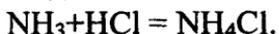


Молекулаи  $AK$  нисбат ба молекулаҳои моддаҳои гирифташуда фаъолтар буда, ба молекулаи моддаи гирифташуда ( $B$ ) ба реаксия дохил мешавад ва маҳсули охири реаксияро ҳосил мекунад ва дар ин ҳолат катализатор озод мешавад:



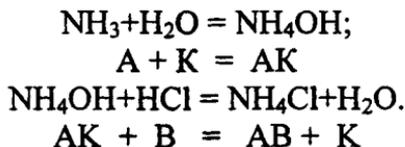
Ҷи тавре, ки дида мешавад, катализатор ба таркиби маҳсули реаксия дохил нашуда, боз бо ҳамон миқдор, ки гирифта шуда буд ҳосил мешавад.

Яке аз мисолҳои оддитарин ва паҳншудаи катализи гомогенӣ реаксияи аз аммиак ва хлориди гидроген ҳосилшавии хлориди аммоний мебошад:



Бе ишироки об ин реаксия хеле ҳам суз мегузарад. Об, ки ҳама вақт дар ҳаво дар намуди буғ мавҷуд аст, дар реаксияи

ҳосилшавии хлориди аммоний катализатор мебошад. Нақши обро, чун катализатор, дар ин реаксия ин тавр ифода намудан мумкин аст:



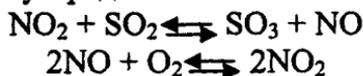
Ба сифати мисоли катализи гомогенӣ таъсири оксиди нитрогенро дар оксидшавии дуоксиди сулфур низ гирифтани мумкин аст.

Реаксияе, ки бо муодилаи



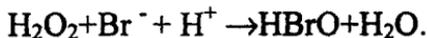
ифода меёбад, хеле ҳам суст мегузарад.

Таъсири оксиди нитроген ба сифати катализатори ин реаксия аз рӯи чунин нақша мегузарад:

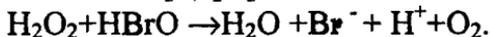


Ҳамин тавр, катализатор бо навбат аз таъсири оксиген оксиди шуда, аз таъсири дуоксиди сулфур барқарор мешавад. Ин реаксияҳо дар саноат барои истеҳсоли кислотаи сулфат истифода бурда мешаванд.

Нақши катализаторро на танҳо атомҳо, молекулаҳо, балки ионҳо ҳам иҷро карданишон мумкин. Масалан, иони  $\text{Br}^-$  суръати вайроншавии пероксидаи гидрогенро хеле метезонад. Дар ин ҷо иони  $\text{Br}^-$  бо навбат барқарор ва оксид шуданиш мумкин. Масалан, дар маҳлулҳои турш ионҳои  $\text{Br}^-$  аз таъсири пероксидаи гидроген то ба кислотаи гипобромит оксид мешаванд:



Кислотаи гипобромит бошад, дар навбати худ, аз таъсири пероксидаи гидроген боз барқарор мешавад:



Ин реаксия ҳамин тавр давом мекунад. Тадбиқи катализаторҳо, махсусан дар реаксияҳои органикӣ, васеъ паҳн шудааст. Чунин реаксияҳои, ки бо иштироки катализатор

маҳсулоти мобайнӣ ҳосил карда ва он нақши катализаторро мебозад хеле бисёр аст. Яке аз ҳамин гуна мисолҳо дар вақти бо таъсири кислотаи сулфат вайрон кардани спирти этил маълум шуда буд. Дар натиҷаи ин реаксия маҳсулоти мобайни-этилсулфат ҳосил мешавад.

Баъзан чунин мешавад, ки яке аз реаксияҳо нақши катализаторро мебозад. Чунин реаксияҳо-реаксияҳои автокатализӣ ном доранд.

Дигар намуди паҳншударини катализ- катализи гетерогенӣ мебошад. Дар ин сурат сохт ва андозаи сатҳи катализаторҳо нақши калонро мебозанд. Масалан, лавҳачаи суфтаи платинагӣ, ки ба маҳлули пероксиди гидроген дохил кунонида шудааст, вайроншавии намоёни онро ба амал намеорад. Лавҳачаи сатҳаш ноҳамвор қисман ҷудошавии ҳубобчаҳои оксигенро ба амал меорад. Агар ба пероксиди гидроген хокаи платинаро илова намоем, оксиген ба миқдори бисёре хориҷ мешавад, дохил намудани маҳлули коллоидии платина бошад, таркишро ба амал меорад.

Барои фаҳмонидани катализӣ гетерогенӣ аз назарияи адсорбсионии катализ истифода мебаранд. Мувофиқи ин назария реаксияҳои химиявӣ дар сурате мегузаранд, ки агар моддаҳои бо ҳам таъсиркунанда дар сатҳи катализатор фуру бурда шаванд (адсорбсия шаванд).

Дар натиҷаи адсорбсия концентратсияи моддаҳои бо ҳам таъсиркунанда дар сатҳи катализатор зиёд шуда, ба афзудани адади баҳамвохӯриҳои молекулаҳо сабаб мешаванд, ки ин ба баландшавии суръати реаксия меоварад. Аммо зиёдшавии концентратсияи моддаҳо дар сатҳи катализатор, худ аз худ таъсири катализаторро намефаҳмонад. Бинобар ин чунин мешуморанд, ки адсорбсияи молекулаҳои бо ҳамтаъсиркунанда дар сатҳи катализатор, фаъолияти онҳоро зиёд мекунад.

Моҳияти асосии таъсири катализатор дар ин сурат аз он иборат аст, ки вай банди химиявиро дар молекулаҳои боҳамтаъсиркунанда суст мекунад, ки дар натиҷа масофаи байни

атомҳо зиёд шуда, молекулаҳо деформатсия мешаванд ва ҳатто баъзан ба атомҳои алоҳида диссоциатсия мешаванд.

Реаксияҳои, ки дар асоси катализи гетерогенӣ рӯй медиҳанд, хеле бисёр буда (масалан, таъсири платина ба пероксиди гидроген, панҷоксиди ванадий дар ҳосилшавии аммиак ва ғайраҳо), дар саноати химиявӣ васеъ истифода бурда мешаванд. Аксар вақт барои он, ки таъсири маҳсулноки катализатор зиёд гардад ва барои аз таъсири моддаҳои серфаъол муҳофизат кардан, ба он ванадий ва дигар металлҳоро илова мекунанд. Моддаҳои, ки фаъолияти катализаторҳоро баланд мекунанд **промоторҳо** ва фаъолияти онҳоро пасткунанда – **заҳрҳо** номида мешаванд.

Механизми реаксияҳои бо роҳи катализи гетерогенӣ раванда аз як қатор зинаҳо иборат мебошад:

а) адсорбсияи газҳои бо ҳамтасиркунанда дар сатҳи катализатор;

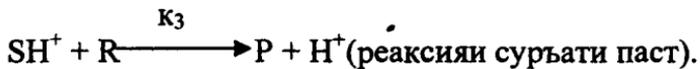
б) реаксия дар сатҳи катализатор;

в) десорбсияи маҳсулоти реаксия.

Аз таъсири қувваҳои сатҳӣ, реаксияҳо нисбат ба фазаи газӣ дида, бо суръати баланд мегузаранд. Маҳсулоти реаксия аз табиати сатҳи болоии катализатор вобастагӣ дорад: агар омехтаи як хел газҳо бо катализаторҳо гуногун таъсир кунанд, суръати ҳосилшавии маҳсулотҳои гуногун тағйир меёбад.

Исбот карда шудааст, ки кислотаҳо ва асосҳо барои бисёр реаксияҳо катализатор мебошанд. Баъзе реаксияҳо аз таъсири ионӣ гидрогенӣ кислота катализонида шуда, баъзеи дигарашон умуман аз таъсири кислотаҳо, новобаста ба диссоциатсия ва табиати онҳо, катализонида мешаванд. Бисёр механизмҳои таъсири каталитикии кислотаҳо ва асосҳо маълум мебошад. Масалан, механизми таъсири каталитикии иони гидрогенро ба маҷмӯи реаксияи химиявӣ  $S+R \rightarrow P$  чунин ифода намудан мумкин:





Аз ин ҷо, чӣ тавре, ки дида мешавад, концентратсияи  $\text{SH}^+$  ба концентратсияи ионҳои гидроген  $\text{H}^+$  вобаста буда, аз концентратсияи кислотаи диссоциатсиянашудаи дар маҳлул буда, вобастагӣ надорад, бинобар реаксия танҳо аз таъсири ионҳои гидроген катализонида мешавад.

Баъзе реаксияҳо метавонанд ҳам аз таъсири кислота ва ҳам аз таъсири асос катализонида шаванд. Суръати ингуна реаксияҳоро дар оби тоза, ки ҳам хосияти асосӣ ва ҳам хосияти кислотагӣ дорад, чен кардан мумкин аст.

Аз ҳама хосияти аҷоибтарини катализаториро ферментҳо доранд, ки онҳо катализаторҳои реаксияҳои гуногун дар ҷисми зинда мебошанд. Мувофиқи қонунҳои термодинамикӣ як қатор моддаҳои органикиро ба маҳсулотҳои энергияи озоди кам дошта табдил додан мумкин. Ферментҳои дар организми зинда мавҷуд буда имконият медиҳанд, ки бо кадом суръат гузаштани ин реаксияҳоро муайян намоем. Ҳамаи ферментҳои маълумбуда, ки биокатализатор мебошанд, аз сафедаҳо иборатанд, яъне полимерҳое, ки аз аминокислотаҳои дорои сохтори муайяни фазогӣ буда ташкил ёфтаанд. Фаъолияти ферментҳои вазни молекулавашон то 15000 буда, бо сохтори мураккаби сафеда алоқаманданд. Дар замони ҳозира зиёда аз 150 фермент бо намуди кристаллӣ ҳосил карда шудааст. Баъзеи ин ферментҳо хусусияти махсус дошта, танҳо барои реаксияи муайян катализатор мебошанд, баъзеи дигарашон барои як қатор реаксияҳои як намуд (масалан, гидролизи эфирҳо) катализатор ҳастанд, Барои он, ки ферментҳо қобилияти катализатории худашонро зоҳир кунанд, зарур аст, ки дар муҳити реаксия ионҳои муайяни металлҳо ё худ коферментҳо, яъне пайвастигҳои дар рафти реаксия бо навбат оксид ва барқароршаванда, мавҷуд бошанд.

Механизми оддитарини реаксияи бо ёрии фермент катализонидашавандаи  $\text{S} \rightarrow \text{P}$ -ро бо чунин шакл ифода намудан мумкин:

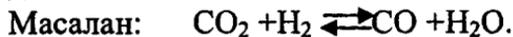


Дар ин ҷо E- маркази фаъоли фермент; X- пайвастагии мобайнӣ ё комплекси фермент-субстрат, чунки одатан S-ро (моддаи тадқиқшаванда) субстрат меноманд, P- маҳсулоти реаксия.

Умуман татбиқи катализаторҳо дар соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқ имконият медиҳад, ки бисёр равандҳои технологӣ тезонида шуда, онҳо дар ҳароратҳои нисбатан паст гузаронида шаванд. Бинобар ин аҳамияти катализаторҳо, махсусан барои саноати химиявӣ, хеле ҳам калон мебошад.

## 5.5. МУВОЗИНАТИ ХИМИЯВӢ

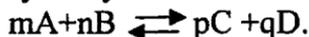
Дар вақти реаксияҳои химиявӣ, маҳсулотҳои реаксия метавонанд ба ҳам таъсир карда, моддаи авваларо ҳосил кунанд.



Яъне дар ҳарорати додашуда метавонанд ду реаксияи бо ҳам муқобил ҷой дошта бошанд: реаксия ба тарафи рост ( $\rightarrow$ ) ва реаксияи ба тарафи чап ( $\leftarrow$ ) раванда.

Реаксияҳое, ки дар шароити додашуда якбора ба ду тарафи бо ҳам муқобил мераванд, реаксияҳои баргарданда номида мешаванд. Ингуна реаксияҳо ба охир намерасанд.

Онҳо ба таври умумӣ чунин навишта мешаванд:



Мувофиқи қонуни таъсири массаҳо суръатҳои онҳо чунин мешавад:  $V_1 = K_1[A]^m \cdot [B]^n$ ;  $V_2 = K_2[C]^p \cdot [D]^q$ .

Албатта суръати реаксияи рост ( $\rightarrow$ ) бо гузаштани вақт паст мешавад, чунки консентратсияи моддаҳои гирифташуда кам мешавад. Суръати реаксияи чап бошад ( $\leftarrow$ ) меафзояд, чунки дар раванди реаксия консентратсияи моддаҳои C ва D зиёд мешавад. Дар охир чунин мешавад, ки суръати реаксияи рост ва чап якхел мешавад.

Чунин ҳолати раванди баргарданда, ки дар он суръатҳои реаксияҳои рост ва чап баробаранд, мувозинати химиявӣ номида мешавад. Дар ин ҳолат:  $V_1 = V_2$  аст.

$$\text{Бинобар: } K_1[A]^m \cdot [B]^n = K_2[C]^p \cdot [D]^q,$$

$$\text{аз ин ҷо: } \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n} = \frac{K_1}{K_2} = K.$$

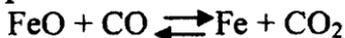
$K$  - константаи мувозинати химиявӣ номида мешавад. Яъне константаи мувозинат ( $K$ ) ба консентратсияҳои моддаҳои ба ҳамтаъсиркунанда вобаста набуда, танҳо бо дигаршавии ҳарорат тағйир меёбад. Дар химия система гуфта маҷмуи моддаҳоро меноманд, ки дар ҳаҷми маълуме маҳдуд карда шудаанд. Система метавонад гомогенӣ ва гетерогенӣ шавад. Системаи гомогенӣ аз моддаҳои якҷинса иборат буда, системаи гетерогенӣ аз якчанд қисмҳои аз ҷиҳати хосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ фарқкунанда иборат аст.

Ин қисмҳои гомогенӣ аз якдигар фарқкунанда дар системаи гетерогенӣ фаза номида мешавад. Яъне системаҳои гомогенӣ аз як фаза ва системаҳои гетерогенӣ аз якчанд фаза иборатанд.

Хусусияти махсуси реаксияҳо дар системаҳои гетерогенӣ аз он иборат аст, ки онҳо дар сатҳи ҷудошавии ду фаза, ки бо ҳамвоҳурии молекулаҳои ба ҳамтаъсиркунанда имконпазир аст, ба амал меоянд. Бинобар, ин агар чӣ қадар сатҳи фазаҳо васеъ бошад, ҳамон қадар суръати реаксия баланд аст. Дар вақти ба ҳамтаъсиркунии ду моеъи дар ҳамдигар кам ҳалшаванда, нақши асосиро диффузия мебозад. Дар ин сурат барои баланд шудани суръати реаксия моеъро омехта кардан лозим меояд.

Агар реаксия дар байни моеъҳою газҳо ва моддаҳои сахт равад, нақши асосиро дараҷаи дисперсияи моддаи сахт мебозад. Дар ин ҳолат суръати реаксия инчунин ба миқдори моддаҳои ҳалқардашуда ҳам вобаста аст.

Масалан, дар реаксия



суръати он ба концентратсияи СО вобаста мебошад. Суръати ин реаксия чуни ҳисоб карда мешавад:  $V=K [CO]$ , агар масоҳати сатҳи FeO тағйир наёбад. Дар акси ҳол

$$V=K \cdot S \cdot [FeO] \cdot [CO] \text{ аст.}$$

Азбаски концентратсияи моддаи саҳт дар муодилаи суръати реаксия дохил намешавад, бинобар ин вай ба константаи реаксия ҳам таъсир намекунад:

$$K = \frac{[CO_2]}{[CO]}$$

Исбот карда шудааст, ки мувозинати химиявӣ танҳо дар шароитҳои доимӣ нигоҳ дошта мешавад. Дар вақти тағйир ёфтани ҳарорат, фишор (барои моддаҳои газшакл) ва концентратсияи моддаҳои бо ҳам таъсиркунанда мувозинат вайрон шуда, концентратсияҳои ҳамаи моддаҳои дар реаксия иштироккунанда тағйир меёбанд.

**Тағйирёбии концентратсияҳои моддаҳои бо ҳам таъсиркунанда**, ки бо дигаршавии ягон шароит ба амал омадааст, лағжиши мувозинат номида мешавад.

Агар дар натиҷаи дигаргуншавии шароити реаксия, концентратсияи маҳсулоти реаксия зиёд шавад, онгоҳ лағжиш ба тарафи рост ва агар концентратсияи моддаҳои гирифташуда зиёд шавад, лағжиш ба тарафи чап ба амал меояд. Лағжиши мувозинати химиявӣ вобаста ба шароити реаксия ба қонуне, ки **принсипи Ле-Шателе** ном дорад, итлоат мекунад. Ин принцип ин тавр баён мешавад: **Ҳангоми ба реаксияи дар ҳолати мувозинат буда таъсир расондан, мувозинат ба ҳамон тарафе майл мекунад, ки қувваи таъсиркунӣ кам шавад.**

**Таъсири ҳарорат.** Мувофиқи принсипи Ле-Шателе дар вақти баландшавии ҳарорат лағжиши мувозинат ба тарафи реаксияи эндотермӣ ба амал меояд, яъне ба тарафи реаксияе, ки бо фурубарии гармӣ амалӣ мешавад. Дар вақти пастшавии ҳарорат мувозинат ба тарафи реаксияи экзотермӣ, ки бо ҷудошавии гармӣ меғузарад, мелағжад. Масалан, дар реаксияи



баландшавии ҳарорат мувозинатро ба тарафи рост, яъне ба сӯи ҳосилшавии  $\text{NO}_2$  мелағжонад. Пастшавии ҳарорат бошад, мувозинатро ба тарафи ҳосилшавии  $\text{N}_2\text{O}_4$  мелағжонад.

**Таъсири фишор.** Мувофиқи принципи Ле-Шателе зиёдшавии фишор мувозинатро ба тарафи реаксияе мелағжонад, ки дар натиҷаи он адади умумии молекулаҳо ва бинобар фишор дар система кам шаванд. Баръакс, дар вақти кам шудани фишор мувозинат ба тарафи реаксияе мелағжад, ки агар дар натиҷаи он миқдори умумии молекулаҳо зиёд шавад ва бинобар фишор ҳам дар система баланд мешавад.

Масалан, дар муодилаи реаксияи баргардандаи



бо зиёдшавии фишор реаксия ба тарафи рост, ба тарафи камшавии адади молекулаҳо ва пастшавии фишор мелағжад, камшавии фишор бошад, реаксияро ба тарафии чап- яъне зиёдшавии молекулаҳо ва фишори онҳо мелағжонад.

Агар дар натиҷаи реаксия адади молекулаҳои газшакл доимӣ бошад, онгоҳ тағйирёбии фишор ба дигаршавии суръатҳои ҳар ду реаксия таъсири яхела мерасонад, яъне мувозинат намелағжад:



**Таъсири консентратсия.** Зиёдшавии консентратсияи яке аз моддаҳои бо ҳамтаъсиркунанда, лағжиши мувозинатро ба тарафе ба амал меорад, ки дар натиҷаи он консентратсияи ин модда кам шавад. Ва баръакс, камшавии консентратсияи яке аз моддаҳо мувозинатро ба тарафи реаксияе, ки ин моддаро ҳосил мекунад, мелағжонад.

Масалан, мувозинати реаксияи  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{\text{буғ}} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$  метавонад ба тарафи рост дар натиҷаи зиёд намудани консентратсияи  $\text{CO}$  ва  $\text{H}_2\text{O}$  лағжад. Барои лағжидани мувозинат ба тарафи чап бояд, ки консентратсияи  $\text{CO}$  ва  $\text{H}_2\text{O}$  дар муҳит кам карда шавад. Принципи Ле-Шателе аҳамияти амалии калон дорад. Вай имконият медиҳад, ки мо бо хоҳиши худ мувозинатро ба тарафи реаксияҳои ба мо зарур лағжонем.

## БОБИ VI . СИНҶОИ АСОСИИ ПАЙВАСТАГИҶОИ ҒАЙРИОРГАНИКӢ

Ҳамаи моддаҳо одатан ба моддаҳои содда (элементарӣ) ва мураккаб тақсим мешаванд. Моддаҳои содда аз як элемент иборат буда, ба таркиби моддаҳои мураккаб ду ва зиёдтар элементҳо дохил мешаванд. Моддаҳои содда дар навбати худ ба металлҳо ва ғайриметаллҳо тақсим мешаванд.

Металлҳо аз ғайриметаллҳо бо ҷилои металишон, қайшишон, электрик ва гармигузаронишон фарқ мекунанд. Дар шароити муқаррарӣ ҳамаи металлҳо (ғайр аз симоб) дар ҳолати агрегатии сахт вучуд доранд.

Ғайриметаллҳо ҷилои метали надоранд, хеле ҷарсақанд, гармӣ ва қувваи электрикиро бад мегузаронанд. Баъзеи онҳо дар шароити муқаррарӣ ҳолати газиро доранд.

Моддаҳои мураккабро ба органикӣ ва ғайриорганикӣ тақсим мекунанд. Одатан моддаҳои органикӣ гуфта пайвастагиҳои карбондоштаро дар назар доранд. Танҳо бояд қайд кард, ки пайвастагиҳои соддатарини карбонро:  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ва карбонатҳо,  $\text{HCN}$  ва сианидҳо, карбидҳо ва ғайраҳоро дар курси химияи ғайриорганикӣ дида мебароянд. Ин пайвастагиҳоро ғайриорганикӣ ё минералӣ меноманд.

Моддаҳои ғайриорганикӣ бо синфҳо тақсим мешаванд. Ин тақсимшавӣ ё дар асоси таркиб (дуэлементи ё худ бинарӣ, пайвастагиҳои бисёрэлементи), ё дар асоси хосиятҳои химиявишон, яъне функцияшон асоснок карда шудааст.

Ба пайвастагиҳои муҳимтарини бинарӣ пайвастагиҳои элементҳо бо оксиген (оксидҳо), бо галогенҳо (галогенидҳо ё галидҳо), бо нитроген (нитридҳо), бо карбон (карбидҳо), бо гидроген (гидридҳо) мебошанд.

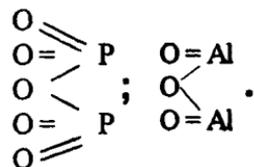
Дар асоси аломатҳои функционалии худ пайвастагиҳои мураккаби ғайриорганикӣ бо чунин синфҳо тақсим мешаванд: оксидҳо, асосҳо, кислотаҳо, намакҳо. Ин гурӯҳҳо дар навбати худ ба зергурӯҳҳо тақсим мешаванд (расми 38).

## 6.1. ОКСИДҶО

∠ Пайвастагиҳои химиявӣ, ки таркибашон аз атомҳои оксиген ва ягон элементи химиявии дигар ташкил ёфта, оксиген танҳо ба атоми элементи дигар пайваст аст, оксидҳо номида мешаванд.

Масалан:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва ғайраҳо, ки чунин сохт доранд:  $\text{Na}-\text{O}-\text{Na}$ ;  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ;  $\text{Mg}=\text{O}$ ;

Оксидҳоро бо роҳи мустақим ё гайрмустақим пайваст намудани элементҳо бо оксиген ҳосил мекунанд. Ҳамаи оксидҳои маълум ба намакҳосилкунандаҳо ва нақмакҳосилнакунандаҳо тақсим мешаванд. Адади оксидҳои намакҳосилнакунанда хеле кам мебошад. Ба



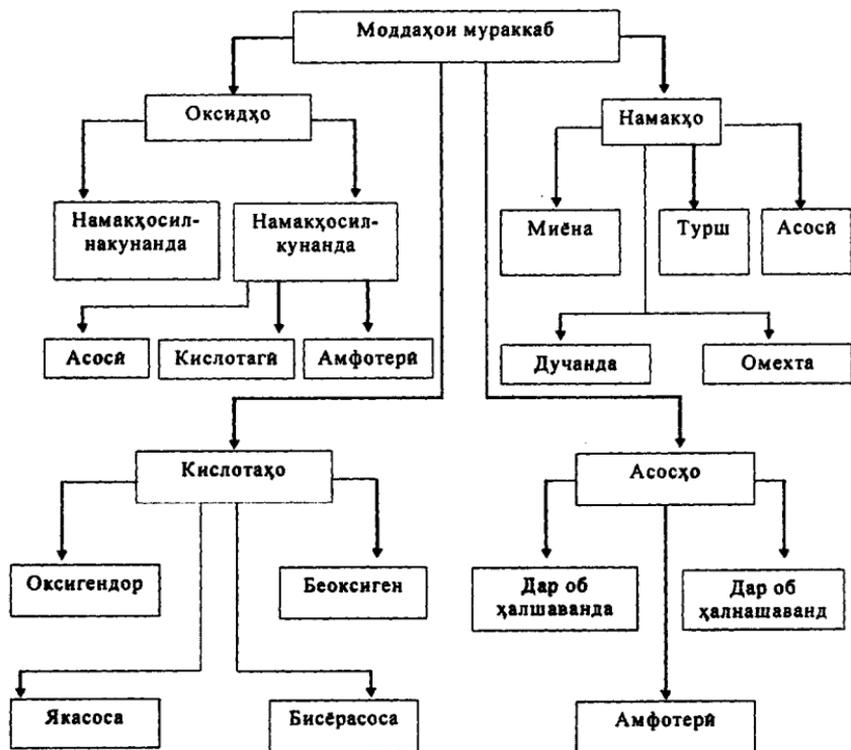
ингуна оксидҳо  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  дохил мешаванд. Ингуна оксидҳоро инчунин оксидҳои индефферентӣ (бетараф) низ меноманд.

Оксидҳои намакҳосилкунанда ба оксидҳои асосӣ, кислотагӣ ва амфотерӣ тақсим мешаванд.

∠ **ОКСИДҶОИ АСОСӢ** – чунин оксидҳое мебошанд, ки бо кислотаҳо ва оксидҳои кислотагӣ таъсир намуда, намакро ҳосил мекунанд. Масалан, ба оксидҳои асосӣ инҳо тааллуқ доранд:  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{HgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$  ва ғайраҳо. Оксидҳои асосӣ танҳо оксидҳои металлҳо шуда метавонанд. Бояд қайд намуд, ки бисёр оксидҳои металлҳо амфотерӣ ва ё кислотагӣ ҳам шуда метавонанд, ки онҳоро сонитар дида мебароем.

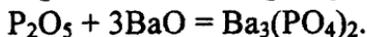
Аз оксидҳои асосӣ ҳосилшавии намакҳоро дар мисолҳои зерин нишон додан мумкин:





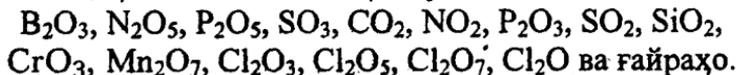
Расми 38. Таснифи пайвастиҳои ғайриорганики

**ОКСИДҲОИ КИСЛОТАГӢ** – гуфта чунин оксидҳоро меноманд, ки дар вақти бо асосҳо ва оксидҳои асосӣ таъсир намудан намакҳоро ҳосил мекунанд.



Оксидҳои кислотагиро баъзан ангидрид ҳам меноманд, чунки аксарияти онҳо мустақим бо об пайваст шуда кислота ҳосил мекунанд.

Мисоли оксидҳои кислотагӣ инҳо шуда метавонанд:

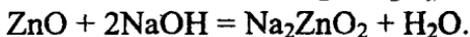
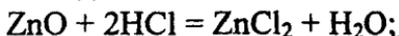


Асосан оксидҳои ғайриметаллҳо хосияти кислотагӣ доранд. Лекин баъзе оксидҳои металлҳо ҳам (дар ҳолати

валентнокии баланд доштани металл) хосияти кислотагиро зоҳир мекунад. Масалан: оксидҳои  $Mn^{VII}$ ,  $Cr^{VI}$ ,  $Mo^V$ ,  $Ti^{IV}$ ,  $V^V$ ,  $W^{VI}$  ва ғайраҳо аз ҷумлаи оксидҳои кислотагӣ мебошанд.

**ОКСИДҲОИ АМФОТЕРИЙ** - ҷунин оксидҳои металлҳо мебошанд, ки дар вақти ҳам бо кислотаҳо ва ҳам бо асосҳо таъсир карданашон намакҳоро ҳосил мекунад. Мисоли оксидҳои амфотерӣ  $ZnO$ ,  $SnO$ ,  $PbO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO_2$  ва ғайраҳо шуда метавонанд.

Масалан, хосияти амфотерии оксиди руҳ ҳам дар вақти бо кислотаи хлорид ва ҳам дар вақти бо ишқори натрий таъсир карданаш зоҳир мешавад:



Ҷй тавре, ки дида мешавад, дар ҳар ду ҳолат ҳам оксиди руҳ, намак ҳосил мекунад. Дар реаксияи якҷум- оксиди руҳ, ҳамчун оксиди асосӣ буда, намаки ҳосилшударо ҷун маҳсули дар молекулаи хлориди гидроген иваз намудани атоми гидроген ба атоми руҳ шуморида мешавад. Дар реаксияи дуюмин бошад оксиди руҳ нақшаи оксиди кислотагиро мебозад, ҷунки дар намаки ҳосилшуда ба таркиби боқимондаи кислотагӣ дохил мешавад.

Бинобар ин ба оксидҳои амфотерӣ ҳам хосиятҳои асосӣ ва ҳам хосиятҳои кислотагӣ хос мебошанд. Барои оксидҳои амфотерии гуногун ин духелагии хосият бо дараҷаҳои гуногун зоҳир мегардад.

Масалан, оксиди руҳ бо осонӣ ҳам бо кислотаҳо ва ҳам бо ишқорҳо таъсир мекунад, яъне барои ин оксид хосиятҳои кислотагӣ ва асосӣ қариб як хел зоҳир мегарданд. Оксиди оҳан  $Fe_2O_3$  бошад бештар хосияти асосӣ зоҳир мекунад, хосияти кислотагии вай танҳо дар вақти бо ишқорҳо дар ҳарорати баланд таъсир намудан зоҳир мегардад. Барои оксиди амфотерии  $SnO_2$  бошад бешар хосияти кислотагӣ хос мебошад.

Номи оксидҳо на танҳо таркиб, баъзан хосиятҳои ҳосилшавии онҳоро ҳам ифода мекунад. Агар элементи

химиявӣ бо оксиген танҳо як пайвастагӣ ҳосил кунад, онро оксид меноманд.

Масалан: оксиди магний, оксиди алюминий, оксиди калсий ва ғайраҳо.

Агар элементи химиявӣ бо оксиген ду хел пайвастагӣ ҳосил кунад, онгоҳ пайвастагиҳое, ки дар он валентнокии элемент нисбатан паст аст закис ва пайвастагиҳое, ки дар он валентнокии элемент баланд аст оксид номида мешаванд. Масалан: закиси мис  $\text{Cu}_2\text{O}$  ва оксиди мис  $\text{CuO}$ , ё худ закиси оҳан  $\text{FeO}$  ва оксиди оҳан  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Агар дар пайвастагиҳои оксигении элемент ба ҳар як атоми элемент ду, се, чор ва ғайра атомҳои оксиген пайваस्त бошанд, онгоҳ онҳоро дуоксид, сеоксид ва чороксидҳо меноманд. Масалан: дуоксиди нитроген  $\text{NO}_2$ , дуоксиди манган  $\text{MnO}_2$ , сеоксиди хром  $\text{CrO}_3$  ва ғайраҳо.

Бояд қайд кард, ки дар амалия на ҳама вақт чунин ҳолидаҳо риоя карда мешаванд. Масалан, агар элемент бо оксиген ду хел оксиди бо формулаи умумии  $\text{ЭO}$  ва  $\text{ЭO}_2$  ифодашаванда ҳосил кунад, онҳоро оксид  $\text{ЭO}$  ва дуоксид  $\text{ЭO}_2$  меноманд. Масалан: оксиди карбон  $\text{CO}$  ва дуоксиди карбон  $\text{CO}_2$ , оксиди қӯрғошим  $\text{PbO}$  ва дуоксиди қӯрғошим  $\text{PbO}_2$  ва ғайраҳо.

**ПЕРОКСИДҲО.** Баъзе пайвастагиҳои металлҳо бо оксиген бо хосиятҳои химиявии худ аз оксидҳои муқаррарӣ фарқи калон доранд. Масалан, пайвастагиҳои  $\text{CrO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{BaO}_2$  агарчанде аз атоми металлҳо ва оксиген ташкил ёфта бошанд ҳам оксид ҳисоб нашуда, балки намакҳои пероксиди гидроген  $\text{H}_2\text{O}_2$  ба шумор мераванд ва бинобар пероксидҳо ном доранд. Дар пероксидҳо атомҳои оксиген байни худ пайваस्त шуда, гуруҳи пероксидии на он қадар устуворӣ  $-\text{O}-\text{O}-$  ро ҳосил мекунанд. Бинобар ин, дар вақти ба пероксиди металлҳо таъсир намудани кислотаҳо, дар баробари ҳосилшавии намакҳо, инчунин хориҷшавии оксиген ҳам мушоҳида карда мешавад.

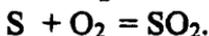
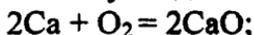
Масалан:  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ ;  
 $2\text{BaO}_2 + 4\text{HNO}_3 = 2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ .

**ОКСИДҶОИ ОМЕХТА.** Пайвастагиҳои  $Pb_2O_3$ ,  $Mn_3O_4$ ,  $Fe_3O_4$  оксидҳои омехта номида мешаванд. Масалан:  $Pb_2O_3$  – ро ҳамчун намаки кислотаи плумбит  $H_2PbO_3$ ,  $Mn_3O_4$  - ро ҳамчун намаки кислотаи  $H_2MnO_4$ ,  $Fe_3O_4$ -ро ҳамчун намаки кислотаи оҳан  $H_2FeO_4$

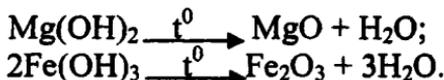
шуморидан мумкин. Яъне дар таркиби молекулаҳои оксидҳои омехта атомҳои дараҷаи оксидшавиашон гуногун дохил мешаванд.

## УСУЛҶОИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ ОКСИДҶО

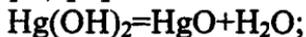
1. Дар натиҷаи боҳамтаъсирунии моддаҳои содда бо оксиген. Муқаррар карда шудааст, ки бисёр моддаҳои содда дар вақти гарм кардан дар ҳаво ва атмосфераи оксигендор сӯхта, оксидҳои дахлдорро ҳосил мекунанд:



2. Дар натиҷаи вайроншавии асосҳо. Баъзе асосҳо дар вақти гарм кардан аз худ об хориҷ намуда ба оксиди металлҳо табдил меёбанд:



Амалӣ шудани ин реаксияҳо бо дараҷаҳои гуногун мегузарад. Масалан, ҳосилшавии оксидҳои симоб ва нуқра аз гидроксидҳои онҳо дар ҳарорати хона ба амал меояд:

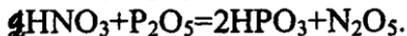
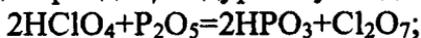


Баръакс, гидроксиди натрий бошад то ҳарорати  $1390^\circ$  устувор аст.

3. Дар натиҷаи вайроншавии кислотаҳо. Муқаррар карда шудааст, ки аксарияти кислотаҳои оксигендор дар вақти гарм кардан оби худро гум карда, ба оксидҳои кислотагӣ табдил меёбанд:



Баъзан обро аз таркиби кислотаҳо бо таъсири моддаҳои обро ба худ ҷабидагиранда ҳам дур мекунад:



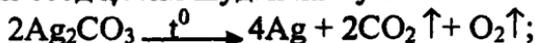
Баъзе кислотаҳои дигар бошад худ аз худ дар шароити муқаррарӣ беоб мешаванд:



1. Дар натиҷаи вайроншавии намакҳо. Аксарияти намакҳои кислотаҳои оксигендор дар вақти гарм кардан вайрон шуда, оксидҳои металл ва оксидҳои ғайриметаллҳо ҳосил мекунад:



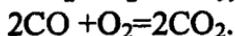
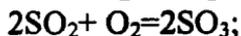
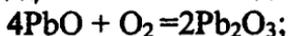
Дар вақти ингуна реаксияҳо, ҳангоми ноустувор будани оксид, металли озод ҳосил шуданаш мумкин аст:



5. Дар вақти гарм кардани оксиди бештар оксигендор оксиди оксигенаш кам ҳосил шуданаш мумкин аст:



ва баръакс, оксидҳои бисёр оксигендоштаро баъзан дар натиҷаи оксид намудани оксидҳои кам оксигендошта ҳосил мекунад:



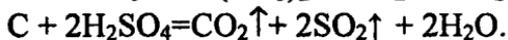
6. Дар натиҷаи фишурда баровардани баъзе оксидҳо бо ёрии оксидҳои дигар:



Реаксия дар ҳарорати баланд гузашта, ба он асоснок кунонида шудааст, ки ангидриди борат  $\text{B}_2\text{O}_3$  ҳангоми гарм кардан ангидриди сулфитро  $\text{SO}_2$  фишурда мебарорад.

7. Дар натиҷаи бо ҳам таъсиркунии кислотаҳои хосияти оксидкунандагӣ дошта бо металлҳо ва ғайриметаллҳо. Масалан,

кислотаи нитрат ва кислотаи концентрониди сулфат дар вақти бо барқароркунандаҳо таъсир намудан оксидҳоеро ҳосил мекунад, ки дар онҳо нитроген ва сулфур валентнокии нисбатан пастро зоҳир мекунад:

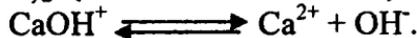


Оксидҳо бо об пайваст шуда гидратҳоеро ҳосил мекунад, ки онҳоро баъзан гидроксидҳо ҳам меноманд. Дар вақти ба оксидҳо пайваст шудани об хосияти химиявии онҳо қатъиян тағйир намеёбад, бинобар гидратҳои оксидҳои асосӣ хосиятҳои асосӣ, гидратҳои оксидҳои амфотерӣ хосиятҳои амфотерӣ ва гидратҳои оксидҳои кислотагӣ хосияти кислотагиро зоҳир мекунад.

## 6. 2. АСОСҲО

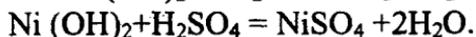
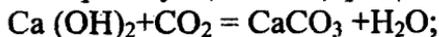
Асосҳо - гуфта гидратҳои оксидҳоеро меноманд, ки формулаи умумии  $\text{M}(\text{OH})_n$  дошта, миқдори гурӯҳҳои гидроксил дар онҳо кислотанокиашонро муайян мекунад.

Масалан,  $\text{NaOH}$  асоси яккислотагӣ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  асоси ду кислотагӣ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  асоси се кислотагӣ ва ғайра. Аксарияти асосҳо дар об ҳалнашавада мешаванд. Танҳо гидроксидҳои металлҳои ишқорӣ, ишқорзаминӣ ва аммоний дар об ҳал мешаванд. Дар маҳлулҳои обӣ чунин асосҳо ба ионҳои мусбат зарядноки металл ва манфӣ зарядноки гурӯҳи гидроксил диссоциатсия мешаванд:



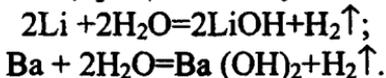
Асосҳои дар об ҳалшаванда ва хуб диссоциатсияшаванда ишқорҳо номида мешаванд. Бо ин гуна асосҳо  $\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{CsOH}$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  дохил мешаванд.

Асосҳо ба монанди оксидҳои асосӣ ба кислотаҳо ё оксидҳои кислотагӣ таъсир намуда, намакҳоеро ҳосил мекунад:

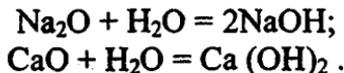


## УСУЛҲОИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ АСОСҲО.

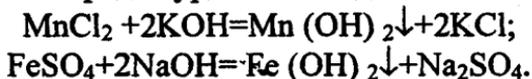
1. Дар натиҷаи таъсири металлҳои фаъол бо об. Масалан, металлҳои ишқорӣ ва ишқорзаминӣ ҳатто дар ҳарорати хона обро вайрон карда асосҳоро ҳосил мекунанд:



2. Дар натиҷаи бевосита пайваст шудани оксидҳои асосӣ бо об. Бояд қайд кард, ки аксарияти оксидҳои асосӣ бевосита бо об пайваст намешаванд. Танҳо оксидҳои металлҳои ишқорӣ ва ишқорзаминӣ молекулаи обро бо худ пайваст карда асосҳоро ҳосил мекунанд:

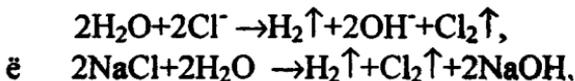


3. Дар натиҷаи бо ҳамтаъсиркунии намакҳо бо ишқорҳо. Ин метод асосан барои ҳосил намудани асосҳои дар об ҳалнашаванда истифода бурда мешавад:



4. Дар натиҷаи электролизи маҳлулҳо. Ин метод дар техника барои ҳосил намудани ишқорҳо истифода бурда мешавад. Барои ин чараёни электрикии доимиро аз дохили маҳлулҳои обии намакҳои калий ё натрий гузаронидан зарур аст. Масъалан, дар вақти электролизи маҳлули обии хлориди натрий дар катод гидроген ва дар анод хлор ҷудо мешавад. Дар маҳлул бошад ишқори натрий ҷамъ мешавад. Ингуна маҳлулро бухор карда, кристаллҳои гидроксиди натрийро ҳосил мекунанд.

Раванди электролизи маҳлули обии хлориди натрийро бо муодилаҳои зерин ифода мекунанд:



### 6.3. КИСЛОТАҲО

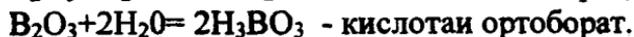
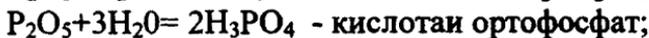
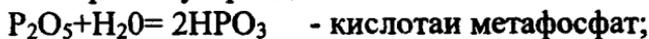
Пайвастагиҳое, ки дар вақти диссоциатсияи электролитӣ ионҳои гидроген ҳосил намуда, дигар ионҳои мусбат намедиханд-кислотаҳо номида мешаванд. Дар маҳлулҳои обӣ кислотаҳо ба ионҳои гидроген ва боқимондаи кислотагӣ диссоциатсия мешаванд. Миқдори атомҳои гидроген, ки қобилияти бо атомҳои металл ивазшавандагӣ доранд, асоснокии кислотаҳоро нишон медиҳанд. Бинобар ин кислотаҳои яқасоса, дуасоса, сеасоса ва чорасосаро фарқ мекунанд:



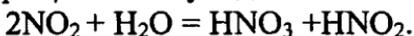
Бояд қайд кард, ки дар кислотаҳо на ҳамаи атомҳои гидрогени мавҷуд буда, қобилияти ивазшавандагиро доранд. Масалан, молекулаи кислотаи атсетат  $\text{CH}_3\text{COOH}$  чор атоми гидроген дошта бошад ҳам, танҳо атоми гидрогени гурӯҳи карбоксил –  $\text{COOH}$  қобилияти бо атомҳои металлҳо ивазшавандагӣ дорад. Бинобар ин кислотаи атсетат яқасоса мебошад. Ё худ, агарчанде кислотаҳои фосфит  $\text{H}_3\text{PO}_3$  ва гипофосфит  $\text{H}_3\text{PO}_2$  се атоми гидроген дошта бошанд, ҳам онҳо танҳо ду ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ) ва як ( $\text{H}_3\text{PO}_2$ ) асоса шуда метавонанду тамом.

Аз рӯи таркиби ҷимиявӣ кислотаҳо оксигендор ва беоксиген мешаванд. Мисоли кислотаҳои беоксиген кислотаҳои фторид  $\text{HF}$ , хлорид  $\text{HCl}$ , бромид  $\text{HBr}$ , йодид  $\text{HI}$ , сианид  $\text{HCN}$ , роданид  $\text{HCNS}$ , сулфид  $\text{H}_2\text{S}$  ва ғайраҳо шуда метавонанд.

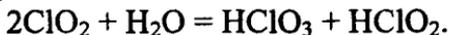
Кислотаҳои оксигендор гидратҳои оксидҳои кислотагӣ мебошанд. Аксарияти оксидҳои кислотагӣ дар натиҷаи бевоҳита ба об таъсир намудан кислотаҳоро ҳосил мекунанд. Бинобар ин бо як молекула ангидрид якчанд молекула об пайваст шуданаш мумкин. Агар кислотаҳо миқдори обашон бисёр бошад, пеш аз номашон пешоянди орто- ва агар миқдори об кам бошад, пешоянди мета-ро мегузаранд:



Дуоксиди нитроген  $\text{NO}_2$  дар вақти бо об таъсир намудан якбора ду кислотаро ҳосил мекунад:



Бо чувин ҳосият инчунин дуоксиди хлор ҳам соҳиб мебошад, ки дар натиҷаи бо об таъсир намудан кислотаҳои хлорат ва хлоритро ҳосил мекунад:



Чувин оксидҳои кислотагире, ки бо об ду кислотаро ҳосил мекунад, ангидридҳои омехта номида мешаванд. Бешубҳа ингуна оксидҳо дар вақти бо асосҳо таъсир намуданашон ду намакро ҳосил мекунад:



Агар элемент валентнокии тағйирёбанда дошта бошад вай якчанд кислотаҳоро ҳосил мекунад. Онгоҳ барои номи ин кислотаҳоро фарқ кардан суффиксҳои гуногунро истифода мебаранд. Номҳои гуногуни кислотаҳои ҳамон як элементи химиявӣ ба дараҷаи оксидшавиаш вобаста кунонида мешавад:

$\text{HClO}_4$  – кислотаи перхлорат;

$\text{HClO}_3$  – кислотаи хлорат;

$\text{HClO}_2$  – кислотаи хлорит;

$\text{HClO}$  – кислотаи гипохлорит;

$\text{H}_3\text{PO}_4$  – кислотаи ортофосфат;

$\text{H}_2\text{PO}_3$  – кислотаи гипофосфат;

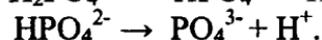
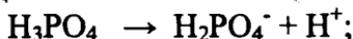
$\text{H}_3\text{PO}_3$  – кислотаи фосфит;

$\text{H}_3\text{PO}_2$  – кислотаи гипофосфит.

Барои ифодаи кислотаҳо, ки дар натиҷаи қисман беобкунии ортокислотаҳо ҳосил мешавад, пешоянди пиро – истифода бурда мешавад:



Кислотаҳои бисёрасоса дар маҳлулҳо бо таври зинагӣ диссоциатсия мешаванд:



## УСУЛҶОИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ КИСЛОТАҶО

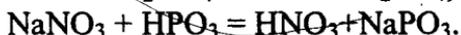
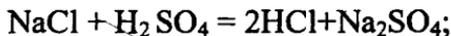
1. Дар натиҷаи бо ҳамтаъсиркунии ангидридҳои кислотагӣ бо об.

Аксарияти ангидридҳо бевосита бо об пайваст шуда кислотаҳои дахлдорро ҳосил мекунанд:



2. Дар натиҷаи бо ҳамтаъсиркунии кислотаҳо бо намакҳо.

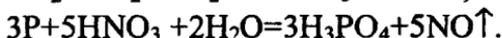
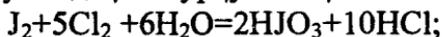
Ин яке аз усулҳои паҳншудатарини ҳосил намудани кислотаҳо мебошад:



Барои ҳосил намудани кислотаҳо бо ин усул бояд намаки гирифташуда нағз ҳалшаванда буда, кислота бошад пурқувват (қавӣ) ё нисбат ба кислотаҳои ҳосил мешуда кам бухоршаванда бошад. Азбаски кислотаи сулфат пурқувват ва бухорнашаванда мебошад, бинобар онро бештар барои ҳосил намудани дигар кислотаҳо истифода мебаранд. Агар кислотаи ҳосилшуда хосияти барқароркунандагӣ дошта бошад, онгоҳ ба ҷои кислотаи сулфат кислотаи фосфатро истифода мебаранд.

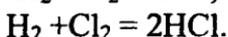
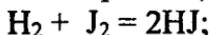
3. Дар натиҷаи оксидшавии баъзе моддаҳои сода.

Масалан: кислотаҳоро дар натиҷаи ба баъзе металлҳо таъсир намудани оксидкунандаҳои пурқувват ҳосил мекунанд:



4. Дар натиҷаи бо ҳамтаъсиркунии ғайрималлҳо бо гидроген.

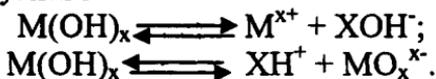
Баъзе кислотаҳои беоксигенро дар натиҷаи бевосита пайваст намудани ғайриметаллҳо бо гидроген ҳосил мекунанд:



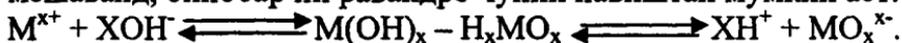
Маҳдудҳои обии ингуна пайвастагӣҳо кислотаҳо мебошанд.

## 6.4. АСОСҶОИ АМФОТЕРИ

Гидратҳои оксидҳои амфотерӣ, монанди ҳуди оксидҳо, хосияти амфотерӣ доранд. Ингуна пайвастагиҳо дар об хеле кам ҳалшавандаанд. Агар формулаи гидроксиди амфотерӣ бо намуди умумии  $M(OH)_x$  навишта шавад, онгоҳ диссоциатсияи қисми ҳалшудаашро бо намудҳои асосӣ ва кислотагӣ чунин ифода намудан мумкин:

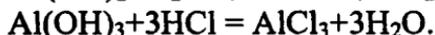
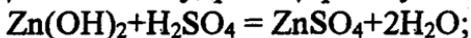


Азбаски гидроксидҳои амфотерӣ дар маҳлулҳо ҳам ба намуди асосӣ ва ҳам бо намуди кислотагӣ диссоциатсия мешаванд, бинобар ин равандро чунин навиштан мумкин аст:

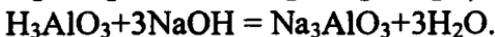
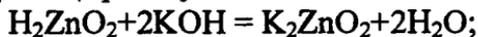


Дар маҳлули сери гидроксидҳои амфотерӣ ионҳои  $M^{x+}$ ,  $OH^-$ ,  $H^+$  ва  $MO_x^{x-}$  дар ҳолати мувозинат мебошанд. Бинобар ин гидроксидҳои амфотерӣ ҳам бо кислотаҳо ва ҳам бо асосҳо таъсир намуда, намакхоро ҳосил мекунанд.

Дар вақти бо кислотаҳо таъсир кардан, гидроксидҳои амфотерӣ хосиятҳои асосии худро зоҳир мекунанд:

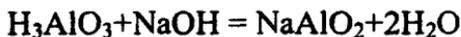


Дар маҳсулотҳои реаксия (сулфати рӯҳ ва хлориди алюминий) металлҳо бо намуди катион мавҷуданд. Дар вақти бо ишқорҳо таъсир кардан гидроксидҳои амфотерӣ хосияти кислотагии худро зоҳир мекунанд:



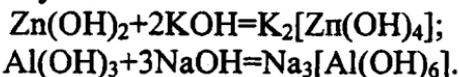
Дар намакҳои ҳосилшудаи синкати калий ва алюминати натрий, синк ва алюминий ба таркиби боқимондаи кислотагӣ дохил мебошанд.

Муайян карда шудааст, ки таъсири гидроксиди алюминий бо ишқори натрий метавонад бо муодилаи реаксияи дигар ифода карда шавад:

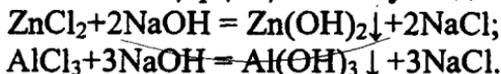


Намаки ҳосилшуда метаалюминати натрий номида шуда, аз намаки таркибаш  $\text{Na}_3\text{AlO}_3$ , ки ортоалюминати натрий ном дорад, фарқ мекунад. Ҳосилшавии намакҳои орто- ё мета ба шароити реаксия вобаста аст.

Одатан дар вақти таъсири гидроксидҳои амфотерӣ бо ишқорҳо дар маҳлулҳо чунин реаксияҳои комплекс-ҳосилшавӣ низ ҷой доштанишон мумкин.



Гидроксидҳои амфотериро одатан аз таъсири намакҳо бо миқдори эквивалентии ишқорҳо ҳосил мекунанд:



## 6.5. НАМАКҲО

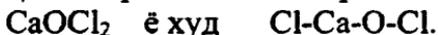
Маҳсулотҳои дар кислотаҳо бо атомҳои металл иваз шудани атомҳои гидроген намакҳо мебошанд. Намакҳо, ки дар об нағз ҳалшавандаанд бо катионҳои металл ва ионҳои боқимондаи кислотагӣ диссоциатсия мешаванд. Дар асоси як қатор хосиятҳои онҳо намакҳо ба намакҳои миёна, турш ва асосӣ тақсим мешаванд.

Намакҳои миёна маҳсулоти ивазшавии пурраи атомҳои гидрогенӣ кислота бо металлҳо мебошанд:



Атомҳои гидрогени кислота метавонанд бо гурӯҳи атомҳои, ки нақши катионро мебозанд, иваз карда шаванд. Масалан: ҷои гидрогенро метавонад гурӯҳи аммоний  $\text{NH}_4^+$  ишғол кунад:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ва ғайраҳо.

Баъзан чунин шуданишон мумкин, ки як атоми металл дар молекулаи намак бо ду боқимондаи кислотагӣ пайваست аст. Чунин намакҳоро намакҳои омехта меноманд. Мисоли намаки омехта оҳаки хлорнок шуда метавонад, ки дар он калсий бо анионҳои кислотаҳои хлорид ва гипохлорит пайваст шудааст:



Агар атомҳои гидрогени кислотаи бисёрасоса бо металлҳои гуногун иваз шуда бошанд, чунин пайвастагиҳоро **намакҳои дучанда** меноманд.

Масалан:  $\text{NaKCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{NH}_4\text{PO}_4$ ,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$  ва ғайраҳо.

Намакҳои дучанда ва омехта ҳамчун пайвастагиҳои индивидуалӣ танҳо дар ҳолати кристаллӣ маълуманд, чунки дар маҳлулҳо онҳо пурра бо ионҳои металлҳо ва боқимондаи кислотагӣ диссоциатсия мешаванд.

Номҳои намакҳои миёна аз номҳои кислотаҳо ва металлҳои онҳоро ҳосилкунанда ташкил ёфтаанд, ки дар онҳо одатан номҳои русӣ ё байналхалқии кислотаҳо истифода бурда мешаванд. Масалан:

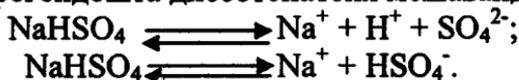
- $\text{CuSO}_4$  - сулфати мисс;
- $\text{K}_2\text{SO}_4$  - сулфати калий;
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - карбонати натрий;
- $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  - нитрати магний;
- $\text{NaCl}$  - хлориди натрий;
- $\text{NaClO}$  - гипохлорити натрий;
- $\text{NaClO}_2$  - хлорити натрий;
- $\text{NaClO}_3$  - хлорати натрий;
- $\text{NaClO}_4$  - перхлорати натрий.

Баъзан барои номбар кардани намакҳои миёна номгуӣҳои техникиро ҳам истифода мебаранд:

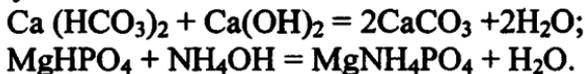
- $\text{NaCl}$  - намаки ошӣ;
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - содаи калсонидашуда;
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  - содаи кристаллӣ;
- $\text{K}_2\text{CO}_3$  - поташ,
- $\text{KNO}_3$  - селитраи калий;
- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  - зокҳои калийалюминий.

**НАМАКИ ТУРШ** – маҳсулоти ивазшавии но-пурраи атомҳои гидрогени кислотаҳо бо металлҳо мебошад. Намакҳои туршро кислотаҳои бисёрасоса ҳосил карда метавонанд. Намакҳои турш аз атоми металл, боқимондаи кислотагӣ ва гидрогене, ки боз бо металлҳо иваз шуда метавонад, ташкил

ёфааст. Дар маҳлулҳои оби намакҳои турш ба ионҳои мусбат зарядноки металл гидроген ва иони манфӣ зарядноки боқимондаи кислотагӣ, ё худ танҳо иони металл боқимондаи кислотагии гидрогендошта диссоциатсия мешаванд:



Намакҳои турш одатан аз барзиёдии кислотаҳо ҳосил шуда, дар вақти таъсири асосҳо ба намакҳои миёна табдил ёфтанишон мумкин:



Номи намакҳои турш аз намакҳои миёна гирифта шуда, ба онҳо калимаи турш дар номҳои русӣ ва пешоянди гидро-дар номҳои байналхалқӣ илова карда мешавад.

$\text{NaHCO}_3$ - карбонати турши натрий (гидрокарбонати натрий);

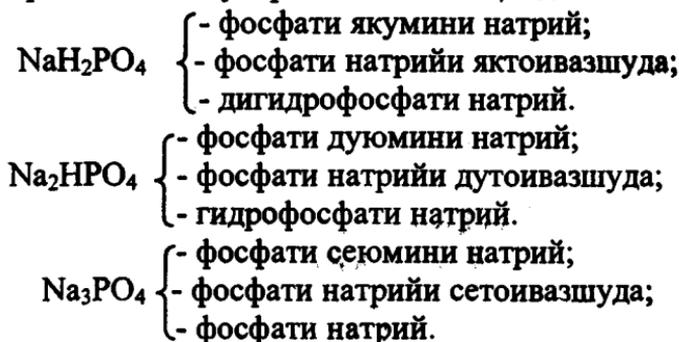
$\text{KHSO}_4$ - сулфати турши калий (гидросулфати калий).

Барои ифодаи намакҳои турши кислотаҳои дуасоса баъзан ба номи намаки миёна пешоянди би- илова намуда номбар мекунанд:

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  - бикарбонати калсий;  
 $\text{KHSO}_4$  - бисулфати калий.

Дар вақти номбар намудани намакҳои турши кислотаҳои бисерасоса, баъзан ба номи русии намаки миёна ифодаҳои якумин, дуоюмин, сеюмин ё худ якто ивазшуда, дуто ивазшуда, сето ивазшуда илова мекунанд. Дар номҳои байналхалқӣ намакҳои турш бошад адади

атомҳои гидрогени ивазшударо нишон медиҳанд:



**НАМАКҲОИ АСОСИ** дар таркиби худ ғайр аз металл ва боқимондаи кислотагӣ инчунин гуруҳи гидроксил ҳам доранд. Чунин намакҳоро маҳсулоти нопурра ивазшавии гуруҳҳои гидроксيلي асосҳо бо боқимондаҳои кислотагӣ шуморидан мумкин. Намакҳои асосиро танҳо асосҳои бисёркислотагӣ ҳосил карданашон мумкин:

$\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ;  $\text{Ni}(\text{OH})\text{NO}_3$ ;  $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$  ва ғайраҳо.

Ҳамаи намакҳои асосӣ дар об бадҳалшавандаанд, онҳо одатан дар вақти кам будани кислотаҳо дар муҳити реаксия ҳосил шуда, дар натиҷаи таъсири кислотаҳо ба намакҳои миёна табдил ёфтанашон мумкин:



Номҳои намакҳои асосӣ бештар аз номҳои намакҳои миёна гирифта шуда, ба онҳо пешоянди гидроксо илова карда мешавад. Агар адади гуруҳҳои гидроксил дар молекулаи намаки асосӣ аз як то зиёд бошад, онҳо миқдори онҳо бо пешояндҳои ди-, три-, тетра- ва ғайраҳо ифода меёбанд:

$\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$  - гидроксохлориди алюминий;

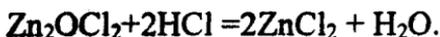
$\text{Cr}(\text{OH})_2\text{NO}_3$  - дигидроксонитрати хром;

$\text{Ti}(\text{OH})_3\text{Cl}$  - тригидроксохлориди титан.

Намакҳои асосӣ бо мурури вақт ё дар вақти гарм намудан метавонанд як қисми обашонро гум кунанд. Намакҳои дар ин сурат ҳосилшударо, ки онҳо ҳам хосияти асосӣ доранд, **оксонамакҳо** меноманд:



Дар вақти ба оксонамакҳо таъсир намудани кислотаҳо, онҳо ба намакҳои миёна табдил меёбанд:



# УСУЛҶОИ МУҶИМТАРИНИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ НАМАҚҶО

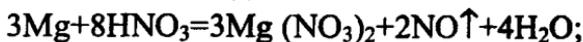
1. Дар натиҷаи таъсири металл ба кислотаҳо. Ҳосилшавии намақҶо аз таъсири металлу кислота метавонад бо хоричшавӣ ва бе хоричшавии гидроген ба амал ояд. Ин бо фаъолияти металл, хосияти химиявии кислота ва консентратсияи он вобаста аст.

Кислотаҳое, ки хосияти оксидкунандагашон ба иони  $H^+$  алоқаманд аст, танҳо бо металлҳое таъсир мекунад, ки дар қатори фаъолият аз тарафи чапи гидроген ҷой гирифтаанд. Дар ин ҳолат ҳосилшавии намақ бо хоричшавии гидроген ба амал меояд:



Металлҳое, ки дар қатори фаъолият аз тарафи рости гидроген ҷой гирифтаанд, ба чунин кислотаҳо таъсир карда наметавонанд.

Кислотаҳое, ки хосияти оксидкунандагашон ба элементи кислота ҳосилкунанда вобаста аст, метавонанд ҳам бо металлҳои фаъол ва ҳам бо металлҳои камфаъол бе хоричшавии гидроген ба реаксия дохил шаванд:



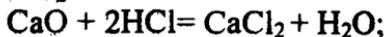
Хусусияти таъсири кислотаи сулфат ба металлҳо ба консентратсияи кислота вобастагии калон дорад. Дар кислотаи сулфати сероб хосияти оксидкунандагиро  $H^+$  иҷро карда, бинобар бо металлҳои фаъол бо ҷудошавии гидроген таъсир мекунад:

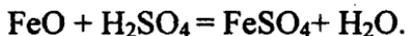


Дар кислотаи сулфати концентронид бошад хосияти оксидкунандагиро  $S^{+6}$  зоҳир мекунад, бинобар вай бо металлҳо бе ҷудошавии гидроген таъсир мекунад:

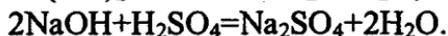
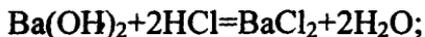


2. Дар натиҷаи таъсири оксиди асосӣ ба кислота:

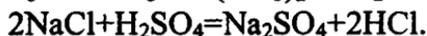




3. Дар натиҷаи таъсири асос ба кислота. Ингуна реаксияҳо аҳамияти амалии калон дошта, номи реаксияҳои нейтралкунониро гирифтаанд. Ҳамаи онҳо бо ҳосилшавии об амалӣ мешаванд:



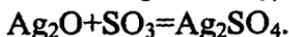
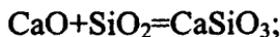
4. Дар натиҷаи таъсири намакҳо ба кислота. Дар натиҷаи ингуна реаксияҳо намаки нав ба кислотаи нав ҳосил мешаванд. Барои иҷрошавии ин реаксия зарур аст, ки кислотаи истифодабурдашуда аз кислотаи ҳосилшуда пурқувваттар (қавитар) ё кам бухоршаванда бошад:



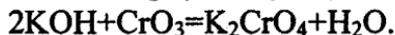
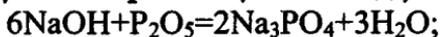
Дар вақти ба намакҳои миёнаи кислотаҳои бисёрасоса барзиёд таъсир намудани кислота, намакҳои турш ҳосил мешаванд:



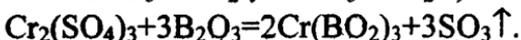
5. Дар натиҷаи таъсири оксидҳои асосӣ ба оксидҳои кислотагӣ:



6. Дар натиҷаи таъсири асосҳо ба оксидҳои кислотагӣ:

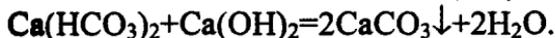
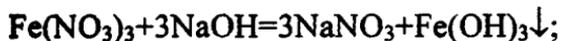


7. Дар натиҷаи таъсири намакҳо ба оксидҳои кислотагӣ. Ингуна реаксияҳо бештар дар вақти гарм кардан ба амал меоянд, бинобар ин зарур аст, ки оксиди кислотагии ба реаксия дохилшаванда нисбат ба оксиди ҳосилшаванда камбухоршаванда бошад:

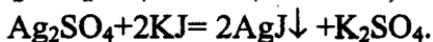
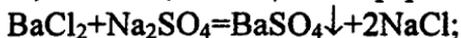


8. Дар натиҷаи таъсири асосҳо ба намак. Ин намуди реаксияҳо аксаран барои ҳосил намудани на танҳо намакҳои

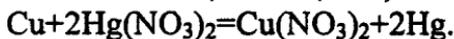
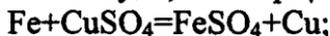
миёна, балки барои ҳосил намудани асосҳо, намакҳои асосӣ, табдил додани намакҳои турш ба миёна истифода бурда мешаванд:



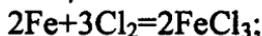
9. Дар натиҷаи таъсири ду намак. Ин яке аз методҳои паҳншудатарини ҳосил намудани намакҳо мебошад. Дар натиҷаи ин гуна реаксия аз ду намаки гирифташуда ду намаки нав ҳосил мешавад. Ин гуна реаксияҳо танҳо дар сурате ба охир мерасанд, ки агар яке аз маҳсулотҳои реаксия аз муҳити реаксия берун карда шавад, масалан, ба таҳшинӣ фарояд:



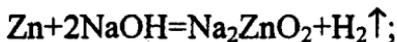
10. Дар натиҷаи таъсири металл ба намак. Реаксия танҳо дар сурате меравад, ки агар металл дар қатори фаъолият аз метали дар таркиби намак буда, чаптар ҷойгир шуда бошад:



11. Дар натиҷаи таъсири металл ба ғайриметалл. Бо ин усул асосан намакҳои кислотаҳои беоксигенро ҳосил мекунанд:



12. Дар натиҷаи таъсири металл ба ишқорҳо. Металлҳое, ки оксидҳояшон хосияти амфотерӣ доранд, ба маҳлулҳои обии ишқорҳо таъсир мекунанд, ки дар натиҷаи гидроген ва намак ҳосил мешаванд:



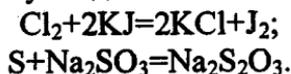
Бояд қайд кард, ки муодилаҳои реаксияҳои оварда шуда шартан мебошанд. Дар амал бошад аввал металлҳо ба об таъсир намуда, гидроксиди амфотериро ҳосил мекунанд. Ишқор бошад

ба гидроксиди ҳосилшуда таъсир намуда, онро ба намак табдил медиҳад.

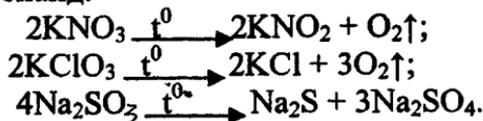
13. Дар натиҷаи таъсири ғайриметалл ба ишқор. Галогенҳо, сулфур ва баъзе дигар элементҳо бо ишқорҳо таъсир намуда, якбора ду намак-оксигендор ва беоксигенро ҳосил мекунанд:



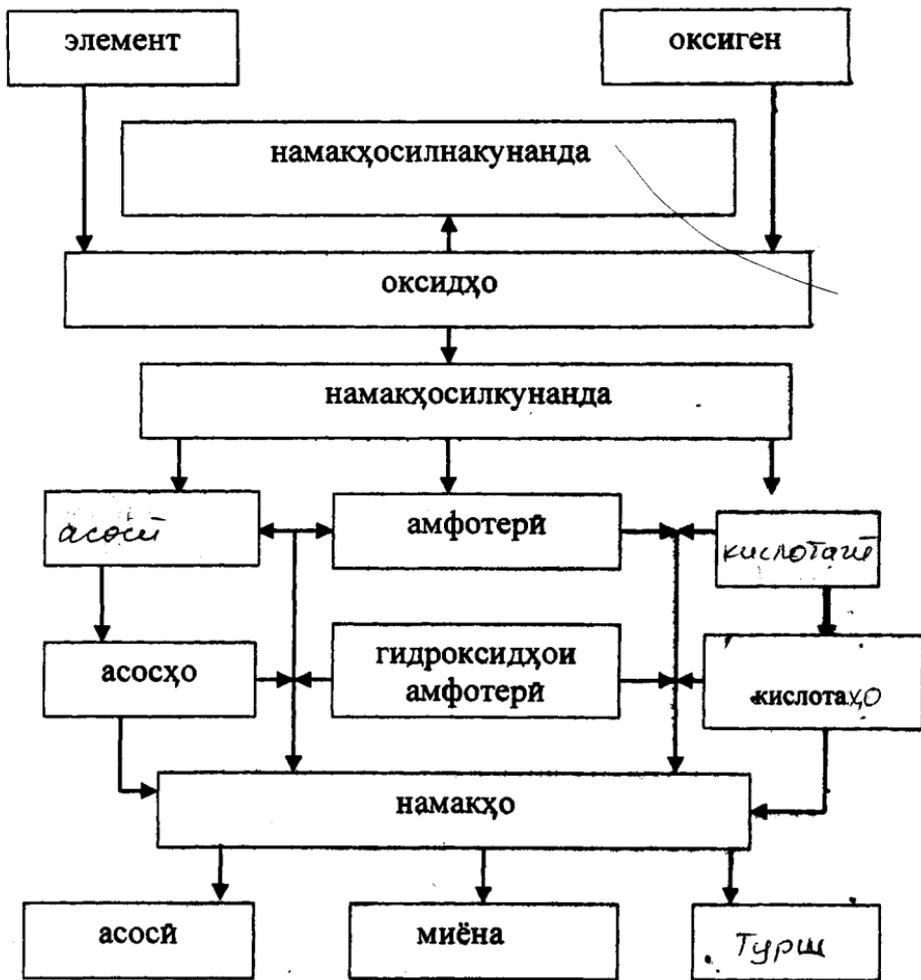
14. Дар натиҷаи таъсири ғайриметаллҳо ба намак. Баъзе ғайриметаллҳо қобилият доранд ба намакҳо таъсир карда, намакҳои навро ҳосил кунанд:



15. Дар натиҷаи аз гармкунӣ вайроншавии намакҳо. Дар вақти гарм намудани баъзе намакҳои оксигендор намакҳои нав ҳосил мешаванд, ки миқдори оксигеншон камтар буда, ё тамоман беоксигенанд:



Дар байни ҳамаи синфҳои пайвастагиҳои ғайриорганикӣ алоқамандии муайяне мавҷуд аст, ки онро бо чунин схема ифода намудан мумкин (расми 39).



Расми 39. Алоқамандии байни синфҳои пайваस्ताгӣҳои ғайриорганикӣ

# БОБИ VII. ПАЙВАСТАГИҶОИ КОМПЛЕКСИ

## 7.1. ТАВСИФИ УМУМИ

Пайвастагиҷои комплексӣ яке аз қисмҳои муҳимтарини химияи ғайроорганикӣ мебошанд. Бояд қайд кард, ки тақсим намудани ҳамаи пайвастагиҷои химиявӣ ба содда (ё атомӣ) ва комплексӣ ё молекулавӣ, ҳанӯз аз асри XX, баъд аз ба миён омадани тасаввурот дар бораи валентнокии ва тасаввуроти структурии (сохтори) А.М.Бутлеров, вучуд дорад.

Баъд аз он, ки қобилияти ба худ пайвастании элементҳо аз рӯи адади валентнокии фаҳмонда шуд, маълум гардид, ки сохти гуруҳҳои бисёри пайвастагиҷои химиявиро аз рӯи таълимоти валентнокии фаҳмондан имконнопазир аст.

Ҳамон вақт гуруҳи пайвастагиҷоро, ки сохташон ба таълимоти валентнокии итоат намекард, **пайвастагиҷои молекулавӣ** меномидагӣ шудаанд.

Асосгузори назарияи ҳозиразамон оид ба пайвастагиҷои комплексӣ Алфред Вернер таълимотеро пешниҳод намуд, ки мувофиқи он пайвастагиҷои химиявиро ба тартиби якум-пайвастагиҷои содда ва тартиби олии маҳсулоти якҷояшавии пайвастагиҷои тартиби якум тақсим намудан мумкин аст. Мафҳуми пайвастагиҷои тартиби олии расман ба мафҳуми пайвастагиҷои молекулавӣ мувофиқ меояд.

Мувофиқи таълимоти Вернер он пайвастагиҷои таркибашон олии, ки дар маҳлулҳои оби устувор буда, хеле кам бо қисмҳои таркибии худ ҷудо мешаванд, пайвастагиҷои комплексиро ташкил медиҳанд. Яъне мувофиқи таълимоти Вернер пайвастагиҷои комплексӣ яке аз ҳолатҳои мавҷудияти пайвастагиҷои таркибашон олии мебошанд.

Аммо як қатор олимони дигар ба монанди Чугаев Л.А., Пфейффер дар бани пайвастагиҷои таркиби олии ва комплексӣ фарқ намегузоранд, онҳоро баробарқиммат ҳисоб мекунанд.

Бо вучуди ин, ҳамаи ин таълимотҳо аз камбудии ҳоли набуданд ва бинобар минбаъд мафҳуми пайвастагиҷои комплексӣ аз тарафи олимони гуногун инкишоф дода шудааст.

Масалан, мувофиқи таълимоти Некрасов Б.В. пайвастагиҳои комплексӣ гуфта чунин пайвастагиҳоеро меноманд, ки онҳо дар натиҷаи ба якдигар кашида шудани қисмҳои таркибӣ бе пайдошавии ҷуфтҳои электроники нав ҳосил шудаанд.

Я.Н. Фиалков нишон додаст, ки дар вақти муайян кардани мафҳуми пайвастагиҳои комплексӣ бояд хосиятҳои онҳо дар маҳлулҳои ғайриобӣ ва ҳолати кристаллӣ ба ҳисоб гирифта шавад.

Мувофиқи таълимоти О.Е. Звягинсев нишондиҳандаи асосии пайвастагиҳои комплексӣ мавҷудияти иони марказӣ ё ионҳои марказӣ мебошад.

Басоло ва Пирсон чунин нишон медиҳанд, ки бояд пайвастагиҳои координатсионӣ ё худ комплексӣ атом ё иони марказӣ дошта, онҳо бо миқдорҳои гуногуни ионҳои дигар ё молекулаҳо иҳота карда шуда бошанд.

Мувофиқи таълимоти А.К. Бабко, ки диссоциатсияи зинагии комплексҳоро хеле пурра омӯхтааст, бояд ҳамагуна гуруҳҳои мураккаб, ки дар маҳлул вучуд дошта, бо хосиятҳои худ аз компонентҳои комплексро ташкилкунанда фарқ мекунанд, пайвастагии комплексӣ номида шавад.

Умуман чӣ тавре, ки дида мешавад ба мафҳуми пайвастагии комплексӣ ҷавоби қаноатбахши пурра додан хеле ҳам душвор аст. Сабаби ин душворӣ ба моҳияти масъала алоқаманд буда, аз он иборат аст, ки дар ҳақиқат дар байни пайвастагиҳои содда ва комплексӣ сарҳади аниқ гузаронидан мукин нест.

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки чунин ҷавоби каму беш қаноатбахш ин тавр шуданаш мумкин: пайвастагиҳои комплексӣ гуфта чунин пайвастагиҳои муайяни молекулавиро меноманд, ки дар натиҷаи якҷояшавии компонентҳои ионҳои мураккаби манфӣ ё мусбат заряднок ҳосил шуда, онҳо қобилият доранд дар маҳлулҳо, ё кристаллҳо вучуд дошта бошанд.

Баъзан зарядҳои ионҳои мураккаб ба нол (сифр) баробар шуданаш мумкин. Мувофиқи ин таълимот ба оилаи

пайвастагиҳои комплекси кислотаҳои оксигендори  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$  ва ғайраҳо инчунин намакҳои онҳо низ дохил мешаванд.

## 7.2. НАЗАРИЯИ КООРДИНАТСИОНИИ ПАЙВАСТАГИҲОИ КОМПЛЕКСИ

Асосгузори назарияи ҳозиразамони пайвастагиҳои комплекси А. Вернер дар соли 1893 чунин таълимотро пешниҳод намуд, ки онро назарияи координатсионӣ номид.

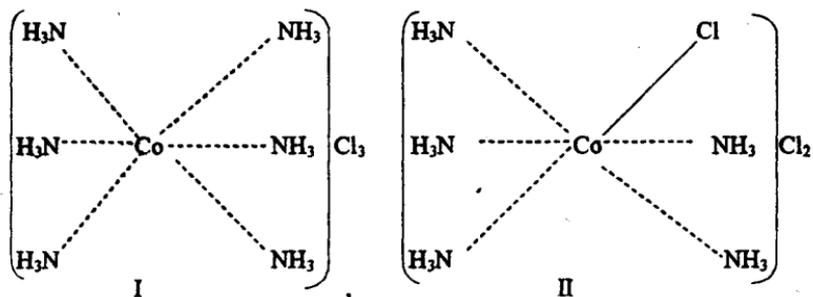
Мувофиқи ин таълимот дар пайвастагиҳои комплекси атомҳои элементҳо ду намуди валентнокиро (асосӣ ва иловагӣ) зоҳир мекунанд.

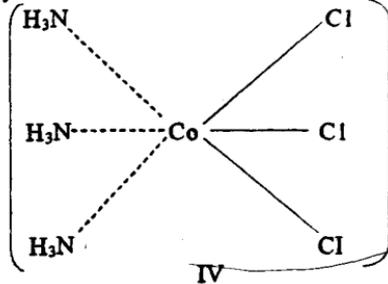
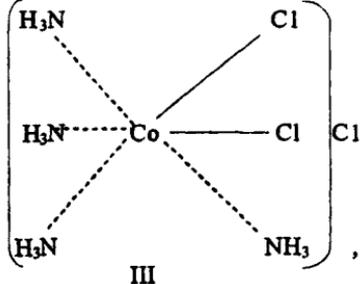
Аз ҳисоби валентнокии асосӣ пайвастагиҳои тартиби якум ҳосил мешаванд, масалан:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ .

Дар вақти ҳосилшавии пайвастагиҳои тартиби якум валентнокии атомҳо пурра сарф мешавад ва онҳо метавонанд боз валентнокии иловагиро зоҳир кунанд. Аз ҳисоби валентнокии иловагӣ молекулаҳо байни ҳам таъсир намуда, пайвастагиҳои тартиби олиро ҳосил мекунанд.

Валентнокии асосӣ аз тарафи Вернер бо хатчаи яклухт, валентнокии иловагӣ бошад бо хатчаи пунктирӣ ишора карда шудааст.

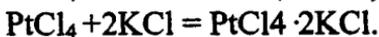
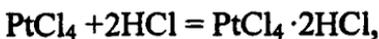
Дар ҳамин асос сохти аммиакатҳои кобальтро чунин ифода намудан мумкин:



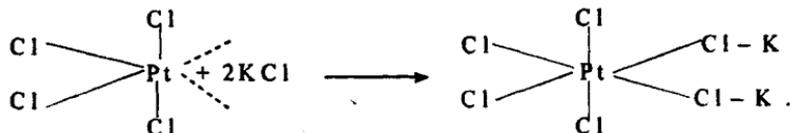
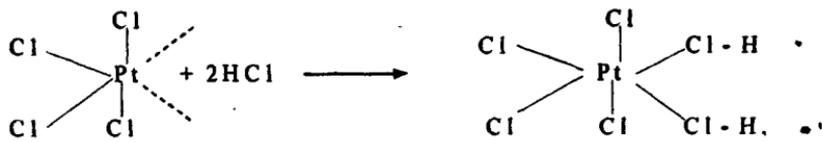


Атомҳои хлор дар ҳамаи пайвастиҳои овардашуда бо кобальт дар асоси валентнокии асосӣ пайваस्त шудааст. Дар вақти бо нитрати нуқра таъсир намудани пайвастиҳои номбаршуда дида мешавад, ки аз пайвастиҳои I 3 атом, аз пайвастиҳои II 2 атом ва аз пайвастиҳои III 1 атом хлор бо нуқра таҳшинӣ дода, аз пайвастиҳои IV бошад, ягон миқдор хлор бо шакли  $\text{AgCl}$  ба таҳшинӣ намефарояд, яъне вай ионҳои озоди  $\text{Cl}^-$  надорад.

Назарияи координатсионии А. Вернер сохти дигар пайвастиҳои комплексиرو ҳам фаҳмонда медиҳад. Масалан маълум аст, ки хлориди платина (IV) қобилият дорад хлоридҳои дигарро бо худ пайваस्त кунад:

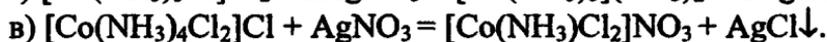
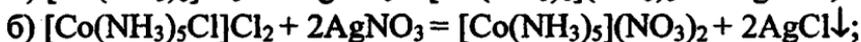
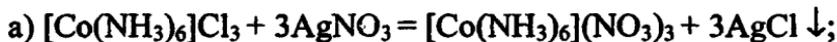


Ҳосилшавии ин пайвастиҳоро дар асоси валентнокии иловагӣ чунин ифода намудан мумкин:





назариявӣ пайвастагиҳои комплекси гуногун пешбинӣ карда шаванд, омӯхтани хусусияти диссоциатсия ва реаксияҳои химиявӣ, ки бо иштироки пайвастагиҳои комплекси мегузаранд, имконият медиҳанд мустақкам ва суфт пайваст будани пайванди атомҳо ва молекулаҳо ро бо атоми комплексҳосилкунанда фарқ кунем. Масалан, дар вақти бо аммиакатҳои гуногуни кобалт таъсир намудани нитрати нуқра чунин реаксияҳо рафтаниш мумкин:



Дар асоси ин ҳодисот А. Вернер тасаввуротҳо ро дар бораи сфераи дохилӣ ва берунии комплекс пешкаш намуд. Сфераи дохилии комплекс аз атоми марказии комплексҳосилкунанда ва ионҳо ё молекулаҳои иборатанд, ки нойонногени пайваст шудаанд.

Сфераи берунаи комплексро бошад ионҳои ҳосил мекунад, ки бо атоми комплексҳосилкунанда бо ёрии банди ионногени пайваст шудаанд. Масалан ионҳои хлор дар аммиакатҳои кобалт, ки бо нуқра таҳшинии  $AgCl$ -ро медиҳанд (дар боло мисолҳо оварда шудаанд).

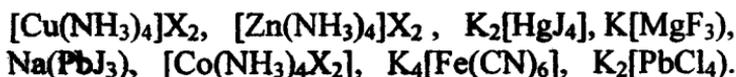
Дар сфераи дохилии комплекс миқдори муайяни атомҳо ё молекулаҳо шуданишон мумкин, ки ин ададро - адади координатсионӣ меноманд.

Элементҳои ададҳои координатсионии муайяне доранд. Барои элементҳои яквалента бештар адади координатсионии ду мувофиқ меояд:

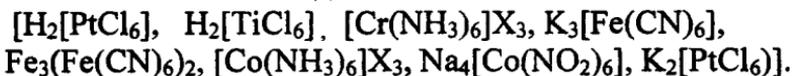


ва ғайраҳо.

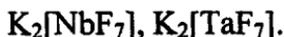
Барои элементҳои дувалента одатан адади координатсионӣ ба 4, баъзан ба 3 ё 6 баробар мебошад:



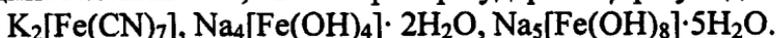
Элементҳои 3 ё 4 валента одатан дорои адади координатсионии 6 мебошанд:



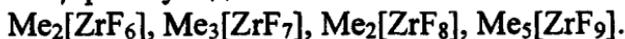
Адади координатсионии элементҳои 5-валента одатан ба 7 баробар аст:



Бояд қайд кард, ки вобаста ба шароит адади координатсионии элемент баъзан тағйир ёфтаниш мумкин. Ин ҳолат бештар ба атсидо ва гидроксомплексҳо хос мебошад. Масалан, оҳани севалента вобаста ба шароит метавонад ададҳои координатсионии ба 6, 7 ва 8 баробар бударо зоҳир кунад:

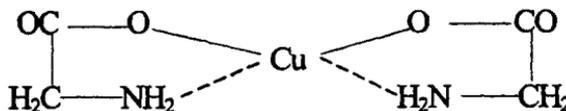


Сирконий дар комплексиҳои фторидиаш адади координатсионии аз 6 то 9-ро зоҳир мекунад:



Аксарияти лигандҳо як ҷои координатсиониро ишғол мекунад, яъне як валентнокии атоми комплексҳосилкунандаро сер мекунад. Аммо баъзе лигандҳо метавонанд аз як зиёд ҷойҳои координатсиониро ишғол кунанд. Масалан: этилендиамин  $H_2N - CH_2 - CH_2 - NH_2$ , гликокол  $H_2NCH_2COOH$  ва ғайраҳо.

Ин ҳодисот онро нишон медиҳад, ки чунин лигандҳо бо ёрии ҳар ду канори худ ба атоми комплексҳосилкунанда пайваст мешаванд ва дар натиҷа ҳалқа ҳосил мешавад. Масалан, пайвастагии комплекси мис (II) бо гликокол чунин намуд дорад:



### 7.3. НОМЕНКЛАТУРАИ ПАЙВАСТАГИҶОИ КОМПЛЕКСИ

Асоси номенклатураи ҳозиразамони пайвастагиҷои комплексӣ аз тарафи А. Вернер пешниҳод карда шудааст.

Мувофиқи таълимоти А.Вернер дар вақти тартиб додани номи пайвастагиҷои комплексӣ, ки катиони комплексӣ доранд, аввал аз рӯи алфавит боқимондаҳои кислотагии сфераи дохилии комплекс номбар карда шуда, албатта ба номи онҳо ҳарфи «О» илова карда мешавад.

Баъд аз он бо ҳамон тартиб молекулаҳои нейтралро номбар мекунанд. Агар молекулаҳо ва боқимондаҳои кислотагии якхела якҷандто бошанд, онгоҳ миқдори онҳо бо шумораҳои юнонии дӣ -, три - тетра -, пента -гекса ва ғайраҳо нишон дода мешаванд. Аксарияти пайвастагиҷои ба сфераи дохилӣ тааллуқ дошта номи муқаррарии худро нигоҳ медоранд. Аз ин қоида танҳо аммиак ва об берун мебошанд. Дар ин ҳолат аммиаки ( $\text{NH}_3$ ) координатсияшуда амин ва об ( $\text{H}_2\text{O}$ ) бошад- аква хонда мешавад.

Баъд аз он атоми марказиро номбар мекунанд. Агар валентнокии атоми марказӣ ба I баробар бошад, баъд аз номи он часпаки "а"; II бошад – "О"; III бошад – "и"; IV бошад – "е"; V бошад – "ан"; VI бошад –"он"; VII- бошад –"ин" ва VIII бошад – "ян" мегузоранд. Танҳо баъд аз ин номҳои ионҳои сфераи берунӣ номбар карда мешаванд. Ҷамин тавр пайвастагии комплекси  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  гексаамин кобалти хлорид номида мешавад.

Номи анионӣ комплексӣ ҳам бо ҷамин тартиб сохта шуда, танҳо дар байни часпаки валентнокии атоми марказиро нишодиҳанда ва номи гурӯҳҳои берунисферагӣ часпаки «ат» гузошта мешавад. Масалан, пайвастагии комплекси  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  гексанитро кобалтиати калий номида мешавад,  $\text{K}[\text{PtCl}_3\text{NH}_3]$  бошад – трихлоро амин- платинати калий номида мешавад.

Агар сухан дар бораи ғайриэлектродитҳо равад, ба валентнокии иони марказӣ диққат намедиҳанд. Бинобар  $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$  – тетраҳлор диамин платина номида мешавад.

Дар замони ҳозира махсусан номенклатураи аз тарафи Иттифоқи байналхалқӣ оид ба химияи тоза ва амалӣ қабулкардашуда бо иловаҳои Фернелиус истифода бурда мешавад. Моҳияти асосии ин номенклатура аз он иборат аст, ки аввал катион номбар карда шуда, баъд транскрипсияи русӣ номбар карда мешавад.

Номи ҳамаи гурӯҳҳои манфизарядок бо ҳарфи “О” ба охир мерасад. Лигандҳои аз молекулаҳои нейтрал иборат буда, ҳаспаки хусусӣ надоранд. Миқдори гурӯҳҳои яхелаи координатсияшуда бо шумораҳои юнонӣ: моно-, ди-, три-, тетра-, ва ғайра номбар карда мешавад. Агар молекулаҳои мураккаби органикӣ координатсия шуда бошанд, онҳо миқдори онҳоро бо пешояндҳои бис-, трис-, тетраҳис ва ғайраҳо ифода мекунанд.

Аввал ҳамаи боқимондаҳои кислотагӣ номбар карда шуда, баъд молекулаҳои нейтрал, гурӯҳи координатсияшудаи манфӣ ва аз ҳама охир иони марказӣ номбар карда мешаванд.

Валентнокии иони марказӣ бо рақами римӣ дар қавс баъд аз номи металл, агар сухан дар бораи катионҳои комплексӣ ва ғайриэлектродитҳо равад, ё худ баъди суффикси “ат”, агар пайвастагӣ аниони комплексӣ дошта бошад, ифода карда мешавад.

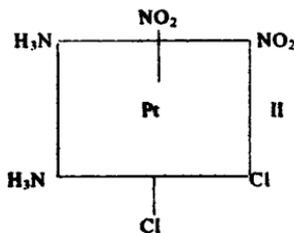
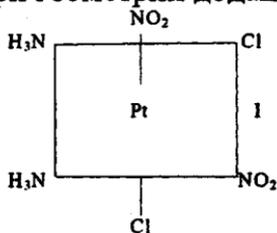
Лигандҳои яхела, яъне мусбат, манфӣ ё нейтрал бо тартиби алфавит ифода меёбанд.

Агар ҳамаи як гурӯҳ бо ду атоми металл пайваस्त бошад (гурӯҳи купрукӣ), онҳо онро баъд аз ҳамаи гурӯҳҳои номбар карда, пеш аз номаш ҳарфи юнонии “μ” мегузоранд.

Изомерҳои геометрӣ бо пешояндҳои “сис” ё “транс” ифода меёбанд.

Аз тарафи олими рус И.И. Черняев ба номенклатураи пайвастагӣҳои комплексӣ иловаи муҳиме дохил карда шудааст. Моҳияти ин илова аз он иборат аст, ки барои ифодаи

конфигуратсияи октаэдри ё ҳамвор гуруҳҳое, ки дар охири ҳар як кунҷ маълуманд номбар карда мешаванд. Масалан: аз ду изомери геометрии додашуда

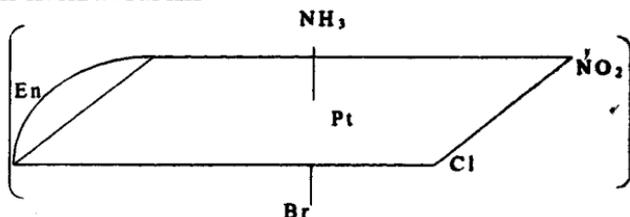


I- амин хлоро – аминнитро – нитрохлоро - платина ва

II- диамин – нитрохлоро – нитрохлороплатина номида мешаванд.

Агар дар таркиби пайвастагӣ лиганди полидентатии симметрии дохил бошад, онгоҳ онро номбар карда, баъд ҷонишинҳои дар ҳолати трансбудаи он ва дар охири ҷонишинҳои боқимондари номбар мекунанд.

Бинобар ин пайвастагии



этилендиамин – нитрохлоро- амин- бром- платина (IV) номида мешавад.

Чунин номенклатура имконият медиҳад, ки формулаҳои октаэдри калон бо шакли компакти навишта шаванд. Мувофиқи ин номенклатура ду изомери геометрии дар боло овардашударо бо намуди:

I-  $\text{NH}_3\text{ClNH}_3\text{NO}_2\text{NO}_2\text{ClPt}$ , ё II –  $(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2\text{Cl})_2\text{Pt}$

ва пайвастагии лигандҳои полидентатии симметрии доштаро бо шакли  $\text{EnNO}_2\text{ClNH}_3\text{BrPtCl}$  навиштан мумкин. Ғайр аз номгӯйҳои овардашуда, дар адабиёт баъзе номҳои таърихан пайдошуда боқӣ мондааст, ки онҳо дар қадвали 7 оварда шудаанд.

## Номгӯи баъзе пайвастагиҳои комплекси

Номҳо	Формулаҳо
Виоленамакҳо	Сис $-[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{X}$
Кротсеонамакҳо	Транс - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]\text{X}$
Лютеонамакҳо	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{X}_3$
Празеонамакҳо	Транс - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{X}$
Пурпуреонамакҳо	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{X}_2$
Розеонамакҳо	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{X}_3$
Флавономакҳо	Сис - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]\text{X}$
Намаки дуҷумини косса	$\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_5]$
Намаки сабзи Магнус	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$
Намаки сурхи Волфрам	$[\text{Pt}(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)_4]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Намаки якумини косса	$\text{K}[\text{PtNH}_3\text{Cl}_3]$
Намаки Гиббс	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]$
Намаки Гро	Транс - $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$
Намаки Жеррар	Транс - $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$

## 7.4. ИЗОМЕРИЯИ ПАЙВАСТАГИҲОИ КОМПЛЕКСИ

Изомерияи пайвастагиҳои комплекси якҷанд ҳел мешавад: гидрати, намаки, координатсионӣ, геометрӣ, оптикӣ. Ғайр аз ин ҳодисотҳои метамерияи ионизатсионӣ ва полимерияи координатсионӣ ҳам дучор шуданаш мумкин.

Изомерияҳои гидрати гуфта чунин моддаҳоро меноманд, ки таркиби яхела дошта, бо функцияи (хусусияти банд) молекулаи об, ки ба таркибашон дохил аст, фарқ мекунад.

Изомерияҳои гидрати муфассал аз тарафи А.Вернер, Н.Берум ва Р.Губсер, дар мисоли хлоридҳои хром, омӯхта шудааст. Мушоҳида карда шудааст, ки гексагидрати хром (III)  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  дар шакли се модификатсия вучуд дошта метавонад. Модификатсияи якум ба маҳлул ранги гулобӣ дода,

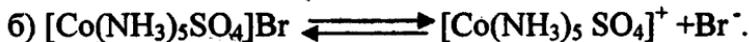
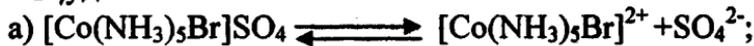
ионҳои нуқра метавонанд миқдоран тамоми хлори дар он бударо ба таҳшинӣ фароранд, электрикгузарониаш бошад ба электрикгузаронии  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  наздик аст. Аз ин рӯ формулаи ин модификатсияро чунин ифода кардан мумкин:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ .

Ду модификатсияи дигари ин комплекс ба маҳлул ранги сабзро медиҳанд. Аз яке аз онҳо нуқра метавонад  $1/3$  хлорро таҳшин кунад. Яъне формулаҳои онҳо мувофиқан



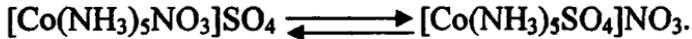
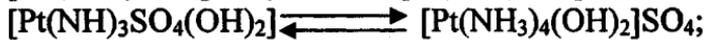
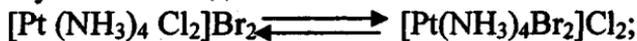
Бояд қайд намуд, ки чунин хосияти функцияҳои гуногунро иҷро кардан барои дигар комплексҳо ҳам хос мебошад. Бинобар изомерияи гидратӣ яке аз ҳолатҳои изомерияи умумии молекулавӣ мебошад.

Яке аз ҳодисотҳои ба изомерияи гидратӣ наздик-метамерияи ионизатсионӣ мебошад. Метамерҳои ионизатсионӣ гуфта чунин моддаҳоро меноманд, ки таркиби яхела дошта, дар маҳлулҳои обӣ ба ионҳои гуногун диссоциатсия мешаванд. Метамерҳои ионизатсионӣ онро нишон медиҳанд, ки вобаста ба шароит ҳамагон як ион метавонад амалиётҳои гуногунро иҷро кунад. Масалан; комплекси таркибаш  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$  дар ду шакл мавҷуд аст:



Чунин сохт доштани ин моддаҳо бо осонӣ бо ёрии реаксияҳои химиявӣ исбот карда мешавад. Аз маҳлули моддаи якум сульфат-ион, аз маҳлули моддаи дуюм бошад-бром-ионро бо таҳшинӣ фаровардан мумкин.

Чунин мисолҳои ба метамерҳои ионизатсионӣ дахл дошта низ маълум мебошанд:



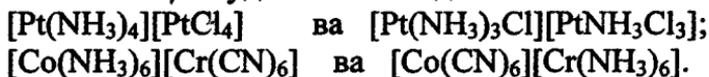
ва ғайраҳо.

**ИЗОМЕРҲОИ НАМАКӢ** – гуфта чунин моддаҳоеро меноманд, ки таркибашон як хел буда, лигандҳоишон-моддаҳои ғайриорганикианд. Мисоли типии ингуна изомерҳо ксанто-

намаки  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5 \text{NO}_2]\text{X}$  ва изоксантамаки  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5 \text{ONO}]\text{X}$  мебошанд.

Ксантамакҳо ранги зард дошта, аз таъсири кислотаҳои минералӣ вайрон намешаванд; изоксантамакҳо рангашон хокистарранг буда, аз таъсири кислотаҳои минералӣ бо ҷудошавии кислотаи нитрат вайрон мешаванд.

**ИЗОМЕРҲОИ КООРДИНАТСИОНИ-** гуфта моддаҳои менаманд, ки массаи молекулавии якхела дошта, тақсимишавии лигандҳои ба таркиби иони комплекси молекулаи пайвастагӣ дохилшуда гуногун мебошад. Мисоли изомерҳои координатсионӣ инҳо шуда метавонанд:



ва ғайраҳо.

Яъне изомерияи координатсионӣ барои моддаҳои дахл дорад, ки ду атоми комплексҳосилкунанда доранд.

Ба ҳодисоти изомерияи координатсионӣ ҳодисоти полимерияи координатсионӣ зич алоқаманд аст. Полимерҳои координатсионӣ аз якдигар ҷатанҳо бо тақсими лигандҳо дар атрофи атоми комплексҳосилкунанда, балки бо массаи молекулавии худ ҳам фарқ мекунанд.

Мисолҳои бисёри полимерҳои координатсионӣ вучуд доранд.

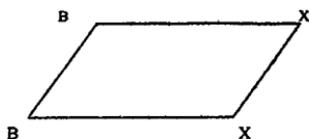
Масалан,  $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$  бо 4 намуд вомехӯрад:  $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]_2$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}][\text{PtCl}_4]$ .

Полимерҳои координатсионӣ инчунин барои кобальт, хром, радий ва дигар элементҳо ҳам маълум мебошад.

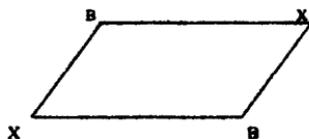
**ИЗОМЕРҲОИ ГЕОМЕТРИ** – гуфта чунин моддаҳои менаманд, ки формулаҳои эмпирикиашон якхела буда дар онҳо бо атоми марказӣ гурӯҳҳои атомҳои гуногун ҷойгиршуда пайваст шудаанд. Дар ин бора аввалин маротиба дар соли 1893 А.Вернер бо шогирдони худ маълумот дода буд.

Дар вақти адади координатсионии атоми марказӣ ба 4 баробар будан баробарқиммати лигандҳо метавонад бо намуди квадрат, тетраэдр ва пирамида ифода ёбад. Ба ин ё он модел

афзалият додан дар асоси омӯхтани миқдори изомерҳои мода, ки иони комплекси типии  $[AB_4]$  – ро дорад ва лигандҳои хосиятҳои химиявии гуногунро доранд, муайян карда мешавад. Агар дар иони комплекси  $[AB_4]$  яке аз лигандҳо ба дигараш иваз карда шуда бошад, иони  $[AB_3X]$  ҳосил мешавад. Чунин пайвастагӣ аз нуқтаи назари ҳамаи се модели номбаршуда танҳо дар як шакл вуҷуд дошта метавонад. Агар ион  $[AB_2X_2]$  бошад, ду хел изомер ҳосил карданиш мумкин аст:



Сис - изомер

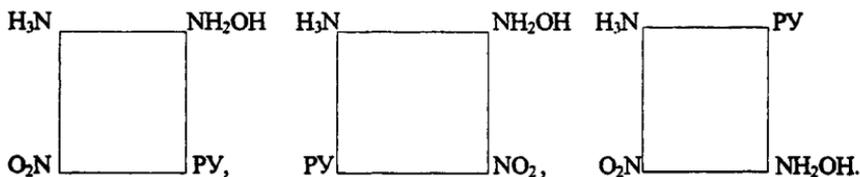


транс - изомер

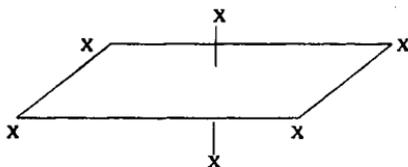
Чунин изомерҳоро инчунин атомҳои комплексҳосилкунанда, ки дар қуллаи пирамидаи секунҷа ҷойгир шудаанд, ҳосил карданишон мумкин. Сохти сис - ва транс доштани изомерҳо дар асоси таҳлилҳои химиявӣ ва физико-химиявӣ тасдиқ кунанда шудааст. Масалан, муайян карда шудааст, ки пайвастагии комплекси  $Pt(NH_3)_2Cl_2$  ду изомер дошта, онҳо аз якдигар бо хосиятҳои химиявӣ ва физикавӣ худ фарқ мекунад.

Сохти транс - ва сис изомерҳо дар асоси ҷангуниҳои моментҳои диполӣ ҳам тасдиқ карда мешавад. Чунин тадқиқотҳо нишон медиҳанд, ки бузургии momenti диполӣ барои сис – изомерҳо ба нул (сифр) баробар буда, барои трансизомерҳо калонтар аст.

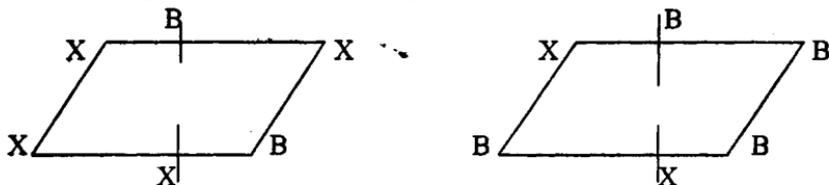
Муайян карда шудааст, ки барои пайвастагиҳои адади координатсионӣ ба 4 баробар, модели пирамидамонанд ҳам вуҷуд дорад. Барои пайвастагиҳои 4 лиганди гуногун дошта се намуди изомерҳои геометрӣ шуданиш мумкин. И. И. Орлов ҳар се ин изомерҳоро ҳосил кардааст, ки таркибашон  $[Pt(NH_3)(NH_2OH)(NO_2)Cl]$  мебошад. Онҳо сохти ҳамвор доранд:



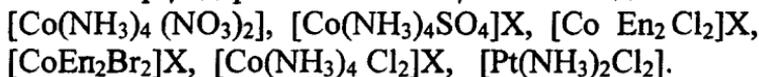
А. Вернер дар асоси таҷрибаҳои худ исбот кардааст, ки сохти пайвастагиҳои дорони адади координатсионии 6 асосан октаэдрӣ мебошад:



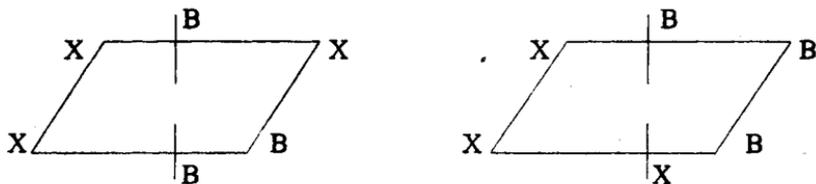
Агар дар ин сурат ҳамаи лигандҳо яхела бошанд ё яке аз онҳо фарқ кунад, чунин октаэдрҳо изомер доша наметавонанд. Модели октаэдрӣ барои пайвастагиҳои шаклашон  $[AB_4X_2]$  ду намуди изомерҳоро пешбинӣ кардааст:



Чунин изомерҳо дар ин пайвастигиҳо мешаванд:



Барои пайвастагиҳои шаклашон  $[AB_3X_3]$  модели октаэдрӣ чунин ду изомерро пешбинӣ мекунад:



Мисоли ингуна пайвастагиҳо:

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_3\text{X}_3]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{OH})_3]$ , шуда метавонанд.

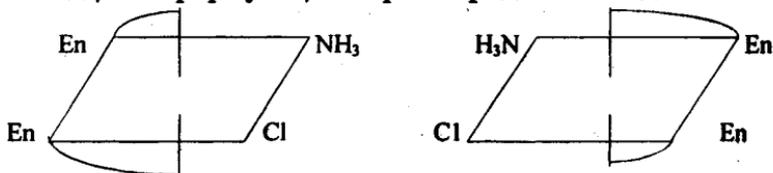
Бо зиёдшавии миқдори лигандҳо, ки таркиби химиявии гуногун доранд, миқдори изомерҳо ҳам зиёд мешавад. Масалан, агар ҳамаи шаш лиганд гуногун бошанд, адади изомерҳои геометрӣ то 15 меафзояд.

Асосан изомерҳои геометрӣ барои пайвастагиҳои платина, палладий, родий, иридий, хром ва кобальт хос мебошанд.

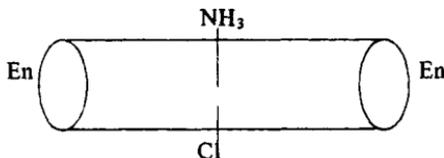
**ИЗОМЕРҲОИ ОПТИКӢ** – гуфта чунин моддаҳои менаманд, ки вазни молекулавиашон як хел буда, молекулаҳо марказ ва сатҳи симметрия надоранд, бинобар онҳо метавонанд сатҳи поляризацияи рӯшноиро ҷарх занонанд.

Фаъолияти оптикӣ пайвастагии комплекси метавонад ё ба асимметрияи молекулаҳо ё ба асимметрияи лигандҳо вобаста бошад. Ин ҳодисотро якумин маротиба дар соли 1811 Араго дар намунаҳои кварс мушоҳида кардааст. Сонитар ин ҳодисот дар пайвастагиҳои органикӣ аз тарафи Л.Пастер омӯхта шудааст. Дар ҳамон вақт Л.Пастер баъзе методҳои фаъолноккунии оптикӣ пешниҳод карда буд, ки вай параҳашавии пайвастагиро ба антиподҳои оптикӣ (акси оинагии якдигар) ифода мекунад. Яке аз методҳои пешниҳодкардашуда - ин бо ҳамтаъсирукунии онҳо ба дигар моддаи фаъоли оптикӣ, масалан кислотаҳо мебошад.

А.Вернер дар соли 1911 якумин маротиба пайвастагии  $[\text{CoEn}_2\text{NH}_3\text{Cl}]\text{X}_2$  - ро ба антиподҳои оптикӣ ҷудо намуд, ки исботи олиҷанобонаи назарияи координатсионист. Сохти ҳар ду антиподҳо бо формулаҳои зерин ифода меёбанд.

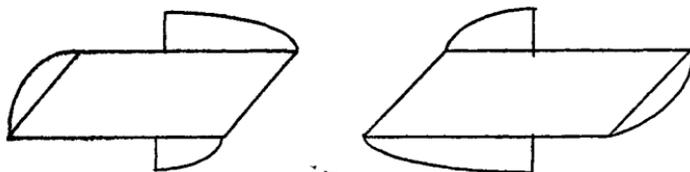


Барои транс - изомер марказ ва сатҳи симметрия хос мебошад, бинобар вай антиподҳои оптикӣ надорад:



Аз тарафи Вернер ва шогирдонаш миқдори бисёри пайвастагиҳои намудашон  $[\text{CoEn}_2\text{AB}]$  ва  $[\text{CoEn}_2\text{A}_2]$  буда синтез карда шуда, парахашавии онҳо омӯхта шудааст. Инчунин пайвастагиҳои таркибашон  $[\text{CoEn}_2\text{Co}_3]\text{X}$ ,  $[\text{CoEn}_2\text{C}_2\text{O}_4]\text{X}$ ,  $[\text{CoEn}_3]\text{X}_3$ , ва  $[\text{CrEn}_3]\text{X}_3$  ба антиподҳои оптикӣ парахонида шудаанд.

То замони ҳозира адади бисёри пайвастагиҳои комплекси кобалт, хром, платина, радий, иридий ва ғайра элементҳо ба антиподҳои оптикӣ ҷудо карда шудаанд. Мавҷудияти антиподҳои оптикӣ ба модели фазогии ионҳои комплекси вобаста аст.



Барои ҷудо намудани омехтаи ду антиподҳои оптикӣ чуқурин методҳо истифода бурда шудаанд.

1. Тақсимкунии механикӣ омехта. Дар вақти кристаллизатсияи шаклҳои чап- чархзананда ( $\ell$ ) ва ростчархзананда ( $d$ ) алоҳида ҷудо мешаванд, ки онҳоро аз шакли кристаллҳояшон фарқ мекунанд. Масалан, бо ҳамин усул кристаллҳои триоксалато- кобалтиати калий  $\text{K}[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$  ҷудо карда шудаанд.

2. Дар натиҷаи адсорбсия дар сатҳи адсорбентҳои фаъоли оптикӣ.

Дар байни моддаҳои ғайриорганикӣ ва органикӣ бисёр адсорбентҳои фаъоли оптикӣ мавҷуд мебошанд, ки дар сатҳашон адсорбсияи шаклҳои  $\ell$

ва d ба амал меоянд. Масалан, ба сифати чунин адсорбентҳо кварси резакардашуда, крахмал, селлюлоза истифода бурда шудаанд.

3. Бо ёрии таъсири маҳлули ратсемат бо моддаи фаъоли оптикӣ.

Дар ин сурат ба сифати моддаи ҷудокунандаи фаъол баъзе алоқамандихоро истифода бурдан мумкин.

4. Дар натиҷаи кристаллизатсияи яке аз шаклҳо дар сатҳи ҷанини дохилкардашуда. Масалан, А.Вернер маҳлули сери кристаллҳои  $d[\text{CoEn}(\text{C}_2\text{O}_4)]$ - ро истифода бурда, ратсематҳои  $d[\text{CoEn}_2(\text{C}_2\text{O}_4)]^+$  ва  $[\text{Co}_2\text{En}(\text{C}_2\text{O}_4)]^+$  - ро ҷудо кардааст.

Дар инкишоф ва тасдиқшавии назарияи координатсионӣ ҷудо намудани изомерҳои оптикӣ аз тарафи худи А.Вернер (1911) хеле ҳам нақши калон бозид. Фаҳмонидани изомерияи оптикӣ ва дигар изомерҳо яке аз хизматҳои бузурги А.Вернер оид ба инкишофи химияи пайвастагиҳои комплексӣ мебошад.

## 7.5. ТАСНИФИ ПАЙВАСТАГИҲОИ КОМПЛЕКСИ

Бештар дар вақти таснифи пайвастагиҳои комплексӣ тадқиқотчиён ба табиат ва хосияти атоми маркази не, балки ба табиати лигандҳо таъя мекунанд. Бинобар таснифе, ки дар ин ҷо пешниҳод карда мешавад, бештар ба табиати лигандҳо асоснок кунонида шудааст. Дар ҳамин асос пайвастагиҳои комплексиро ба чунин гурӯҳҳо тақсим мекунанд: гидратҳо, атсидопайвастагиҳо, аммиакатҳо ва аминатҳо, полигалогенидҳо, поликислотаҳо ва намакҳои онҳо, пайвастагиҳои сиклӣ.

**ГИДРАТҲО** — гуфта пайвастагиҳоеро меноманд, ки ҳам дар сфераи беруна ва ҳам дар сфераи дохилии он доранд. Чунин пайвастагиҳои комплексие, ки дар онҳо нақши лигандро об иҷро мекунад, аквакомплексҳо номида мешаванд.

Об метавонад бо бисёр моддаҳо пайваस्त шуда, кристаллогидратҳо ҳосил кунад. Масалан, кристаллогидратҳои кислотаҳо, асосҳо ва намакҳои қариб ҳамаи

катионҳо маълум мебошанд (ғайр аз  $\text{Pd}^{2+}, \text{Ag}^+$  ва баъзе ғайриметаллҳо).

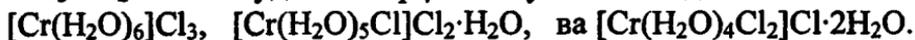
Бештар чунин кристаллогидратҳо баён шудаанд, ки ба як молекулаи онҳо аз 1 то 8 молекула об рост меояд. Барои бисёр моддаҳо якчанд кристаллогидратҳо маълум мебошанд. Масалан, хлориди магний бо 2, 4, 6, 8 ва 12 молекулаи об, хлориди калсий бо 1, 2, 4, 6 ва 8 молекула об кристаллогидрат ҳосил карданашон мумкин. Таҳлили рентгенӣ нишон медиҳад, ки мавқеи молекулаҳои пайвастишуда дар кристаллогидратҳо гуногун шуданашон мумкин. Дар як гурӯҳи моддаҳо ҳамаи молекулаҳои об бо ионҳои муайян пайваст буда, дар сфераи дохилии комплекс ҷойгир шудаанд, масалан:



Дар гурӯҳи дигар молекулаҳои об мавқеъҳо гуногунро ишғол мекунад. Аз онҳо як қисмашон ба иони комплексҳосилкунанда координатсия шуда, қисми дигарашон дар сфераи беруна ҷойгиранд. Масалан, дар асоси таҳлили рентгеноструктурӣ муайян карда шудааст, ки кристаллогидратҳои  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ва  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  чунин сохтдоранд:



Чӣ тавре, ки дар боло қайд карда шуд, барои кристаллогидрати  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  се намуи изомерҳо маълум мебошад:



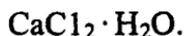
Бо сабаби электронейтрал будани молекулаҳои об чунин аквакомплексҳо ҳам ҳосил шуданаш мумкин, ки адади молекулаҳои об аз адади координатсионии катион зиёд аст. Масалан:  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ . Аммо бояд қайд намуд, ки адади лигандҳо ҳама вақт дар сфераи дохилии ба адади координатсионии комплексҳосилкунанда мувофиқ аст.

Аквакомплексҳо метавонанд ба гидроксокомплексҳо табдил ёбанд. Ин дар натиҷаи канда шудани протонҳо аз молекулаҳои оби координатсионӣ ба амал омаданаш мумкин. Масалан:



Ҳосилшавии гидратҳо бо зиёдшавии заряди иони металл ва хурдшавии радиуси он меафзояд. Масалан, ионҳои металлҳои ишқорӣ (ғайр аз литий ва натрий) дар моддаҳои сахт кам гидратноканд. Гидратҳои ионҳои литий ва натрий ноустуворанд. Ионҳои дувалентаи металлҳои сабук асосан ва ионҳои севалента ҳама вақт гидратноканд.

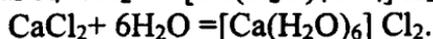
Кристаллогидратҳо аз якдигар бо устувории худ ба гармӣ фарқ мекунанд. Баъзеи онҳо ҳатто дар хунуқӣ беоб мешаванд. Баъзеи дигарашон бошанд то ҳароратҳои аз 200°C зиёд ҳам вайрон намешаванд. Масалан:



Кристаллогидратҳоро дар ҳолати сахт бо чунин усулҳо ҳосил мекунанд.

1. Кристаллизатсияи маҳлулҳои обии сер (зоқҳо).
2. Ҳангоми бо ҳамаҷаъирикунии модда бо об дар ҳалкунандаҳои органикӣ.

3. Ҳангоми бо ҳамаҷаъирикунии модда бо буғҳои об:



Кристаллогидратҳо дар саноати химиявӣ ба сифати реактивҳо татбиқи васеъ доранд.

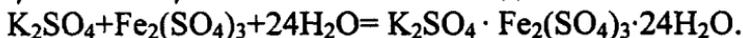
**АТСИДОПАЙВАСТАГИҲО** – гуфта моддаҳои менаманд, ки дар онҳо иони комплекси аз боқимондаҳои кислотагӣ ташкил ёфтааст.

Устувории атсидопайвастагиҳо хеле гуногун мебошад. Бисёри онҳо, ки аз намакҳои кислотаҳои оксигендор ҳосил шудаанд, танҳо дар ҳолати сахтӣ вучуд дошта, дар маҳлули обӣ ба ионҳои содда ҷудо мешаванд. Чунин моддаҳоро асосан намакҳои дучанда ташкил мекунанд. Мисоли паҳншудатарин намаки Мор-  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  мебошад.

Аммо намакҳои дучандаро ҳамчун гурӯҳи алоҳида ҷудо кардан мумкин нест, чунки бо баландшавии қобилияти комплексошаркунандагии атоми марказӣ, устувории намакҳои дучанда меафзояд.

Аз рӯи таркиби химиявиашон атсидопайвастагиҳоро бо намакҳои кислотаҳои оксигендор ва галогеннамакҳо тақсим мекунамд.

1. **Намакҳои дучанда ва комплекси кислотаҳои оксигендор.** Ин синфи моддаҳо хеле ҳам калон аст, чунки адади кислотаҳои оксигендор ва элементҳои қобилияти комплексҳосилкунамдагӣ дошта хеле бисёр мебошад. Аз инҳо бештар аҳамияти амалӣ дошта зокҳо мебошанд. Зокҳо маҳсулоти реаксияи сульфатҳои металлҳои севалента бо баъзе сульфатҳои металлҳои яквалента мебошанд:



Формулаи умумии зокҳо:  $M_2^+ SO_4 \cdot M_2^{3+} (SO_4)_3 \cdot 24H_2O$  ё  $M^+ M^{3+} (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  мебошад.

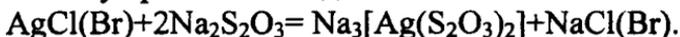
Ионҳои калий, рубидий, сезий, таллий, аммоний ва дигарҳо зокҳоро ҳосил карда метавонанд. Радиусҳои ионҳои севалента, ки зокҳоро ҳосил мекунамд  $0,57-0,92^\circ A$  шуданашон мумкин. Ба ингуна ионҳо алюминий, галий, индий, титан, ванадий, хром, манган, оҳан, кобалт, родий ва иридий мисол шуда метавонанд.

Дар зокҳо гурӯҳи сульфатӣ  $SO_4^{2-}$  бо атоми марказӣ сушт пайваст мебошад, бинобар онро бо таъсири  $Ba^{2+}$  ба таҳшинӣ фаровардан мумкин. Аммо маҳлулҳои зокҳои баъзе металлҳои платинагӣ, масалан  $K_3[Jr(SO_4)_3]$  сульфати барий ҳосил намекунамд, яъне ба пайвастагиҳои комплексӣ тааллуқдоранд.

Ғайр аз зокҳо инчунин дигар намудҳои пайвастагиҳои дучанда ҳам ҳосил шуданашон мумкин, ки нақши иони марказиро катионҳои ду- ва чор- валента мебозанд. Масалан:  $Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$ ,  $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$ ,  $K_2SO_4 \cdot Ti(SO_4)_2$ ,  $BaSO_4 \cdot Ti(SO_4)_2$ ,  $(NH_4)_2 Zr(SO_4)_3$ ,  $(NH_4)_2 Ti(SO_4)_3$ .

Гурӯҳи сулфитӣ нисбат ба сульфатӣ дида бо атомҳои комплексҳосилкунамда банди устувор ҳосил мекунамд. Бинобар он комплексҳои сулфитӣ дар маҳлулҳои обӣ ба ионҳои содда ё тақсим намешаванд ё агар шаванд ҳам хеле кам. Махсусан пайвастагиҳои сулфитии металлҳои платинагӣ устувор мебошанд.

Тиосульфатҳо ҳам комплексҳои бисёре медиҳанд, ки аз онҳо намакҳои нуқра аҳамияти махсус доранд. Масалан, раванди фиксаж дар кори аксбардорӣ - реаксияи ҳосилшавии комплекси тиосульфатӣ мебошад:



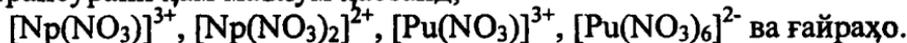
Атсидокомплексҳои нитратӣ нисбатан кам маълум мебошанд, чунки ба сфераи дарунӣ дохил шудани иони  $\text{NO}_3^-$  он қадар хусусиятнок нест. Барои металлҳои яқвалента нитрокомплексҳои  $\text{Me}[\text{Ag}(\text{NO}_3)_2]$ ,  $\text{Me}[\text{Ag}(\text{NO}_3)_3]$ ,  $\text{H}[\text{K}(\text{NO}_3)_2]$  маълум мебошанд.

Дар маҳлули нитрати нуқра вучуд доштани комплекси  $\text{Ag}[\text{Ag}(\text{NO}_3)_2]$  эҳтимол карда мешавад:



ки чунин реаксияро электролизи ин маҳлул ҳам исбот мекунад.

Бо нитрат - гурӯҳ инчунин комплексҳои элементҳои трансурани ҳам маълум ҳастанд;



**2. Намакҳои дучанда ва комплекси кислотаҳои галогенӣ,** ки хеле ҳам хуб омӯхта шудаанд. Ҳосилшавии атсидокомплексҳо махсусан барои кислотаи фториди гидроген ( $\text{HF}$ ) хос мебошад. Чунин ҳодисот қобилияти қаробати баланд доштани фторро бо металлҳо ва ҳосилкунии пайванди ковалентиро нишон медиҳад. Кислотаҳои йодид ва хлорид баъзан атсидокомплексҳо ҳосил мекунанд. Бештар пайвастиҳои комплекси онҳо бо металлҳои платинагӣ паҳн шудаанд:  $\text{K}_2[\text{HgJ}_4]$ ,  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ , ва ғайраҳо. Атсидокомплексҳои галогенӣ татбиқи маҳдуд доранд.

**АММИКАТҲО ВА АМИНАТҲО.** Ба чунин пайвастиҳои моддаҳои дохил мешаванд, ки лигандҳои амин молекулаҳои аммиак ё амин мебошанд. Қобилияти ҳосияти баланди лигандӣ доштани аммиак ба қутбнок будани он вобаста аст. Аз ҷама аммиакатҳои устуворро металлҳои гурӯҳи VIII-и ҷадвали даврӣ ҳосил мекунанд (ғайр аз оҳан).

Устувории аммиакатҳо ба ҳаҷми иони марказӣ, заряд ва қобилияти қутбнокшавии онҳо ҳам вобаста аст. Аз сабаби заряд

надоштани молекулаи аммиак, онҳо якдигарро тела наменидаанд, бинобар ҳамин метавонанд миқдори бисёрашон атоми марказиро иҳота кунанд. Масалан:  $AlI_3 \cdot 20NH_3$ . Координатсияи молекулаҳои аммиак, ба монанди дигар гурӯҳҳо, андозаи иони комплексҳосилкунандаро зиёд мекунад. Масалан, андозаи иони  $Ni^{2+}$  то ҳосилкунии комплекс  $0,78A^0$  бошад, баъд аз ҳамроҳшавии 6 мол  $NH_3$  -  $2,58A^0$  мешавад.

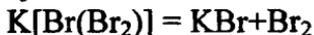
Ҳосилшавии аммиакатҳо бевосита дар натиҷаи аз дохили хокаи намакҳои содда гузаронидани аммиак ҳосил шуданаш мумкин. Масалан, бо чунин усул аммиакатҳои металлҳои ишқорзаминиро ҳосил кардан мумкин:

$[Ca(NH_3)_8]Cl_2$ ,  $[Sr(NH_3)_8]Cl_2$ ,  $[Ba(NH_3)_8]Cl_2$  ва ғайраҳо.

**ПОЛИГАЛОГЕНИДҲО** - гуфта чунин пайвастагиҳои комплекси меноманд, ки формулаи умумии  $Me[G(G_2)X]$  доранд. Дар ин гуна пайвастагиҳо комплексҳосилкунанда иони галоген ва лиганд- молекулаи галоген мебошанд.

Вобаста ба таркиб полигалогенидҳои гомогенӣ:  $Rb[J(J_2)]$ ,  $[Rb[Br(Br_2)]]$ ,  $K[J(J_2)]$ ,  $K [J(J_2)_3]$ ,  $Cs[Br(Br_2)]$ ,  $Cs[Br(Br_2)_2]$ , ва гетерогенӣ  $K[J(Cl_2)]$ ,  $K[J(Br_2)]$ ,  $K[Br(Cl_2)]$ ,  $Cs[J(Cl_2)]$ , шудаҷон мумкин.

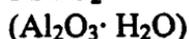
Полигалогенидҳо дар натиҷаи пайвасташавии атомҳои галоген ба галогениди содда ҳосил мешаванд. Аз ҷама хубтар полийодидҳо ҳосил мешаванд. Ҳалшавандагии полигалогенидҳои металлҳои ишқорӣ дар қатори  $Li$ ,  $K$ ,  $Na$ ,  $Rb$ ,  $Cs$  кам шуда, устувории онҳо ба гармкунӣ меафзояд. Дар ҳаво полигалогенидҳо тадриҷан вайрон шуда, молекулаҳои галогенҳоро ҳосил мекунанд:



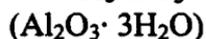
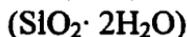
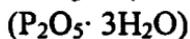
**ПОЛИКИСЛОТАҲО ВА НАМАКҲОИ ОНҲО**. Аз нуқтаи назари химияи классикӣ кислотаҳо оксидҳои кислотагии гидратнок мебошанд. Вобаста ба дараҷаи гидрататсияи ангидрид мета - ё ортокислотаҳо ҳосил мешаванд.

Ортокислота - бештар гидрататсияшуда мебошад:

Метакислотаҳо



Ортокислотаҳо



Поликислотаҳо кислотаҳои минералӣ мебошанд, ки дар таркибашон молекулаҳои ангидрид аз якто зиёдтар аст.

Шуданашон мумкин изо - ва гетерополикислотаҳо.

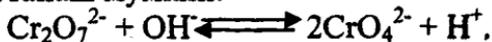
Изополикислотаҳо ангидридҳои як намудро доранд (масалан  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ).

Гетериполокислотаҳо дар таркибашон ангидридҳои гуногун доранд. Масалан:



Ҳосилшавии изополикислотаҳо бештар барои молибден, волфрам, силитсий, ванадий, тантал, ниобий, хром, сулфур ва дигар элементҳо хос мебошад. Гетерополикислотаҳо ҳамчун маҳсулоти ивазшавии атоми оксиген, ки дар атрофи иони комплексҳосилкунанда координатсия шудаанд, бо боқимондаҳои кислотагии типҳои  $\text{WO}_4^{2-}$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{W}_2\text{O}_7^{2-}$  шуморида мешаванд.

Поликислотаҳо аз таъсири ишқорҳо вайрон мешаванд. Масалан, бо ҳам табдилёбии бихроматҳо ва хроматҳо бо чунин схема ифода ёфтаниш мумкин:



Баландшавии (зиёдшавии) консентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  мувозинатро ба тарафи чап, ионҳои  $\text{OH}^-$  бошад ба тарафи рост мелағжонад.

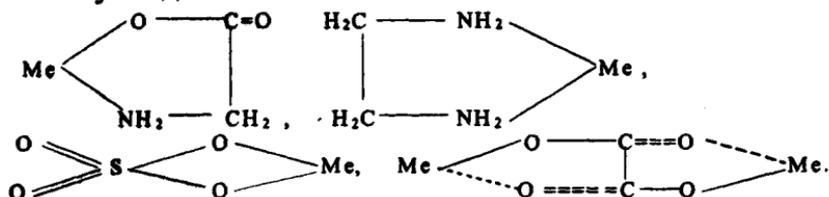
Усули паҳншударини ҳосил намудани поликислотаҳо синтези бевоситаи онҳо мебошад:



Поликислотаҳо татбиқи васеъ доранд. Хосияти сафедаҳоро таҳшинкунандагии поликислотаҳо дар лабораторияҳои тиббӣ ва биохимиявӣ васеъ истифода бурда

мешаванд. Онҳоро инчунин дар химияи таҳлилий барои муайян намудани фосфор, силитсий, германий, арсен, серий ва ғайраҳо истифода мебаранд.

**ПАЙВАСТАГИҶОИ СИКЛИ** (ҳалқагӣ) гуфта чунин пайвастагиҷои комплексиرو меноманд, ки дар сфераи дохилии молекулашон сиклҳо доранд. Чунин моддаҳо, ба монанди этилендиамин ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ), гликокол (глитсин)  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  ва ғайраҳо, ки ҳамчун лиганд аз як ҷои координатсионӣ зиёдтар ишғол мекунанд, сохторҳои сиклиро ҳосил мекунанд:



Комплексиҳои сиклиро омӯхта А.А. Чугаев нишон дод, ки пайвастагиҷои комплекси гурӯҳҳои сикли дошта нисбат ба пайвастагиҷои бесикл устуворанд. Махсусан сиклҳои 5-6 аъзогӣ хеле устуворанд.

Аз пайвастагиҷои сикли махсусан пайвастагиҷои дохилии комплекси хеле ҳам устувор мебошанд. Дар ин ҳолат ба сифати лиганд махсусан диметилглиоксим ва ЭДТА - ро қайд кардан зарур аст.

Намакҳои дохилии комплекси моддаҳои саҳти кристаллӣ буда, ҳарорати баланди гудозиш доранд, дар об бадҳалшавидаанд. Ранги онҳо баланд буда, аз ранги ионҳои комплекси ослкунанда фарқ мекунанд.

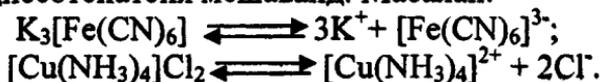
Чунин хосиятҳои муҳими онҳо имконияти истифодабарии васеи пайвастагиҷои дохилии комплекси дар химияи таҳлилий фароҳам меоварад.

Омӯхтани пайвастагиҷои дохилии комплекси барои фаҳмиши бисёр равандҳои биологӣ хеле ҳам аҳамияти қалон дорад, чунки пигментҳои муҳимтарини табиӣ (хлорофилл, гемоглобин, гемодиамин) ба ҳамин гурӯҳи пайвастагиҷо тааллуқ доранд.

## 7.6. МЕТОДҲОИ ФИЗИКО - ХИМИЯВИИ ТАДҚИҚ НАМУДАНИ ПАЙВАСТАГИҲОИ КОМПЛЕКСИ

### МУАЙЯН НАМУДАНИ ЭЛЕКТРИКГУЗАРОНИИ МАҲЛУЛҲО

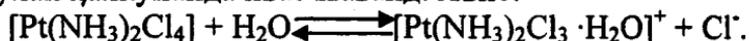
Маълум аст, ки комплексҳои дар сфераи беруниашон ион дошта нағз диссоциатсия мешаванд. Масалан:



Ҳамин тавр чен кардани электрикгузаронии чунин пайвастагиҳо имконият медиҳад, ки миқдори ионҳои ҳосилшударо ва аз он ҷумла сохти пайвастагиҳои комплексиру муайян намоем. Яъне чен намудани электрикгузаронӣ яке аз методҳои тадқиқ намудани пайвастагиҳои комплекси мебошад.

Таҷрибаҳо нишон додааст, ки электрикгузаронии маҳлулҳо на танҳо ба миқдори ионҳои мавҷуд буда, балки ба серҳаракатии онҳо ҳам вобаста аст. Масалан, агар дар натиҷаи диссоциатсияи комплексҳои гуногун ионҳои  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  ҳосил шуда бошанд, дар сурати яхела будани концентратсияи онҳо, электрикгузаронии маҳлулҳои  $H^+$ ,  $Na^+$  ва қисман  $Cl^-$  дошта нисбат ба  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  дошта зиёд мебошад. Чунки ионҳои  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  нисбатан хурд буда, бинобар серҳаракатанд ва электрикгузаронии маҳлулро зиёд мекунанд.

Баъзан электрикгузаронии маҳлулҳо дар натиҷаи боҳамтаъсиркунии комплекс бо ҳалкунанда ҳам зиёд шуданаш мумкин. Ин аз он сабаб ба амал меояд, ки боқимондаҳои кислотагии дар таркиби комплекс буда метавонанд бо молекулаи ҳалкунанда иваз шаванд. Яъне:



Барои ҳамин, маҳлулҳои тоза тайёр кардашудаи комплексҳои  $[Co(NH_3)_3X_3]$  ва  $[Pt(NH_3)_2X_4]$  ғайриэлектrolит буда, бо мурури вақт қобилияти электрикгузаронӣ пайдо мекунанд.

Аз рӯи нишондиҳандаи электрикгузаронӣ мо метавонем дар бораи устувории комплексҳои бо як тип сохта шуда сухан

ронем. Чунки фарқ кардани электрикгузаронӣ дар чунин пайвастагиҳо ҳам ба табиати атоми марказӣ ва ҳам ба табиати гуруҳҳои координатсияшуда вобаста аст. Агар чӣ қадар, ки банди химиявӣ дар пайвастагии комплексӣ хусусияти электровалентияш баланд бошад, ҳамон қадар қобилияти электрикгузаронии калон дорад. Аз ҳамин ҷиҳат ҳам маҳлулҳои пайвастагиҳои комплекси платина, ки дар сфераи дохилиаш боқимондаҳои кислотагии нитрат, хлорид ва сулфат доранд, электрикгузаронияш баланд аст. Баръакс, агар дар сфераи дохилии чунин комплексҳо гуруҳҳои нейтрал ва хлор бошад, электрикгузаронӣ паст мешавад, чунки онҳо ба атоми марказӣ нисбатан мустақкам пайванд шудаанд.

Электрикгузаронии молекулавӣ инчунин бо сохти иони комплексӣ ҳам вобаста аст. Муайян карда шудааст, ки электрикгузаронии транс-изомерҳо, дар натиҷаи қисман бо молекулаи ҳалкунанда иваз шудани лигандҳо, бо гузаштани вақт зиёд мешавад.

Ғайр аз он хосияти электрикгузаронии комплексҳо ба мо имконият медиҳад, ки дар бораи хусусияти диссоциатсия, боҳамтаъсиркунии пайвастагии комплексӣ бо ҳалкунанда мулоҳиза ронем. Хусусияти электрикгузаронии моддаҳои индивидуалӣ ва омехтаи онҳоро омӯхта, мо метавонем оид ба ҳосилшавии пайвастагиҳои нав ё набудани онҳо маълумот ҳосил намоем.

**СПЕКТРҲОИ ФУРУБАРӢ.** Дар байни модда ва рӯшноӣ боҳамтаъсиркунии мешавад, ки вай ба энергияи кванти рӯшноӣ ва сохти модда вобаста аст.

Умуман аз тарафи моддаи моеъ фурубурда шудани рӯшноӣ аз рӯи зичии оптикӣ он ( $D$ ) чен карда мешавад, ки бузургиаш ба консентратсия ва ғафсии қабати фурубарандаи маҳлул вобаста аст. Ин вобастагӣ, мувофиқи қонуни Ламберта-Бер, бо чунин муодила ифода ёфтаниаш мумкин:

$$D = C \cdot \ell$$

Дар ин ҷо:  $C$  - консентратсияи маҳлул,  $\ell$  - ғафсии қабати фурубарандаи маҳлул.

Зичии оптикӣ маҳлул-бузургии аддитивӣ буда, агар омехтаи ду модда байни ҳам таъсир нақунанд, онгоҳ ин бузургии ба маҷмуи зичиҳои оптикӣ ҳар ду моддаи гирифташуда баробар мешавад.

Аз аддитивӣ майл кардан – боҳамтаъсиркунии моддаҳоро нишон медиҳад. Бояд қайд кард, ки қонуни Ламберта-Бер танҳо дар вақти истифодабарии рӯшноии монохроматӣ риоя мешавад.

Спектрҳои фурубарӣ аз сохти қабатҳои электролит вобастагӣ дорад. Дар спектрҳои фурубарии пайвастиҳои комплекси металлҳои «гузаранда» фурубарии рӯшноии ҳасосиаш паст мушоҳида карда мешавад, ки онҳо ба нурҳои дидашаванда хос аст. Баъзан онҳо ба самти нурҳои ултрабунафш лағжидаанд, ки пайдошавии онҳо ба гузариши электронҳо ба орбиталҳои холии  $d$  вобаста аст. Бинобар, пайвастиҳои комплекси ва ионҳои гидратонидашудаи  $Fe^{2+}$ ,  $Co^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{7+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $Cu^{2+}$  ва ғайраҳо рангноканд.

Ба спектри фурубарӣ заряди иони марказӣ ҳам таъсир мерасонад. Агар дар комплекси як типӣ фурубарии спектрҳо ба самти мавҷҳои кӯтоҳ майл кунанд, ин онро нишон медиҳад, ки дар пайвастиҳои комплекси заряди иони марказӣ калон буда, дар банди химиявӣ электронҳои қабатҳои дохилӣ иштирокдоранд ва бинобар барои барангехтани онҳо энергияи калонтар лозим, ки чунин энергияҳо мавҷҳои кӯтоҳдоранд. Ва баръакс, агар дар пайвастиҳои химиявӣ, ки валентнокии атоми марказӣ паст аст электронҳои қабати берунаи электронӣ иштирок мекунанд ва бинобар барои барангехтани онҳо энергияи калон лозим нест.

Ҳосилшавии пайвастиҳои комплекси ноустуворо дар маҳлулҳо инчунин бо ёрии методи «серияҳои изомолярӣ» ҳам муайян кардан мумкин. Метод бо он асоснок кунанда шудааст, ки дар вақти ҳосилшавии пайвастиҳои комплекси ҳосиятҳои оптикӣ чунин маҳлул тағйир меёбанд. Пайдошавии экстремумҳо дар хати ҳосияти чунин системаҳо ба мавҷудияти боҳамтаъсиркунии ва ҳосилшавии моддаи нафшаҳодат медиҳад.

**ҲАСОСНОКИИ МАГНИТӢ.** Дар тадқиқи пайвастиҳои комплекси аз ҳосиятҳои магнитии онҳо ҳам васеи истифода

бурда мешавад. Чй тавре, ки маълум аст вобаста ба хосиятҳои магниташон моддаҳоро ба диамагнитҳо, парамагнитҳо ва ферромагнитҳо ҷудо мекунанд.

Дар молекулаҳои моддаҳои диамагнитӣ (гидроген, газҳои инертӣ, об, спиртҳо, кислотаҳои органикӣ ва ғайраҳо) майдонҳои магнитӣ асосан компенсатсия шуда, магнитнокшавии онҳо нисбат ба вакуум дида камтар аст. Бинобар ин онҳо аз майдони магнитӣ берун карда мешаванд.

Дар моддаҳои парамагнитӣ бошад электронҳои тоқ мавҷуд буда, дар молекулаҳои онҳо майдонҳои магнитӣ компенсатсия нашудаанд. Ингуна моддаҳо моменти магнитии хосро доранд, онҳо дар майдони магнитӣ кашида мешаванд. Ба парамагнитҳо алюминий, қалъагӣ, оксиген, маҳлулҳои намакҳои оҳан, кобальт, никел ва элементҳои камёфт (нодир) дохил мешаванд.

Парамагнетизм дар ҳолате ифода меёбад, ки агар молекулаҳо байни якдигар сушт таъсир кунанд. Баъзан чунин моддаҳо худашон майдони магнитиро пайдо мекунанд. Чунин моддаҳоро ферромагнитҳо меноманд. Ба гурӯҳи ферромагнитӣ оҳан, кобальт, никел баъзе элементҳои камёфт, карбидҳо, нитридҳо, хулаҳо ва дигарҳо дохил мешаванд.

Ба хосияти магнитии моддаҳо якҷанд методи омӯзиш асоснок кунонида шудааст.

Дар вақти омӯхтани хосиятҳои магнитӣ, бо методи магнитостатикӣ, таъсири майдони магнитии статикиро ба модда муайян мекунанд. Ин метод имконият медиҳад, ки дар бораи магнитнокшавии моддаҳо дар майдони доимии магнитӣ маълумот гирем.

Дар вақти тадқиқотҳои магниторезонансӣ фурубарии энергияи магнитиро, ки дар резонанс бо атомҳо ё гурӯҳи атомҳо ҳаст, меомӯзанд.

Дар ҳамин асос чунин намудҳои резонансро фарқ мекунанд: резонанси электронӣ-парамагнитӣ (РЭП), резонанси ядровӣ - магнитӣ (РЯМ), резонанси ферромагнитӣ (РФМ), резонанси антиферромагнитӣ (РАФМ).

Аз ин методҳо махсусан методи резонанси электронӣ - парамагнитӣ аҳамияти калон дорад. Чунки дар асоси ин метод оид ба таҷвати банди химиявӣ маълумотҳои мукамал гирифтани мумкин.

Яке аз методҳои дигари тадқиқ намудани пайвастиҳои комплекси методи полярографӣ мебошад. Метод бо чен намудани қачии волтампери асоснок кунонида шудааст.

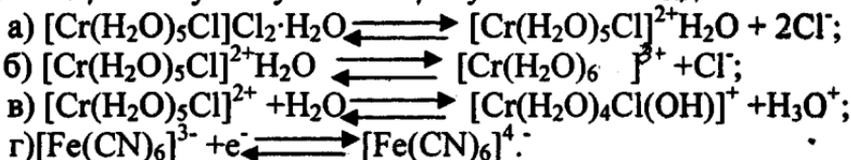
Методи полярографӣ имконият медиҳад, ки мавҷудияти комплексҳосилшавиро дар маҳлули ду модда, адади координатсионии атоми комплексҳосилкунанда ва константаи ноустувории пайвастиҳои ҳосилшударо муайян карда шавад.

## 7.7. ХОСИЯТҲОИ ПАЙВАСТАГИҲОИ КОМПЛЕКСИ ДАР МАҲЛУЛҲО

Барои маҳлулҳои пайвастиҳои комплекси 4 намуди мувозинати химиявӣ хос мебошад:

- а) диссоциатсия ба ионҳои сфераи дохилӣ ва берунӣ;
- б) диссоциатсияи иони комплекси;
- в) диссоциатсияи лигандҳо;
- г) мувозинати оксидшавӣ- барқароршавӣ.

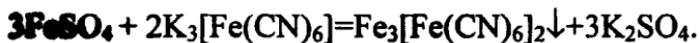
Мисолҳои ингуна мувозинатҳо чунин мебошанд:



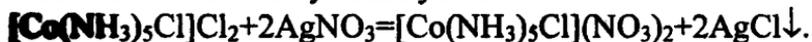
Мувозинати диссоциатсияи пайвастиҳои комплекси ба ионҳои комплекси ва берун аз сфераи мувозинатҳои ионӣ ба қонуниятҳои хосиятҳои электролитҳои қавӣ иттифоқ мекунад.

Бо ёрии методҳои химиявии таҳлил дар маҳлулҳо бо осонӣ ионҳои комплекси ва берун аз сферагиро муайян кардан мумкин. Қисми таркибии иони комплексиро бошад ба ин усул муайян кардан мумкин нест. Масалан, мо аз маҳлули  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ионҳои  $\text{Fe}^{3+}$  -ро бо ёрии  $\text{KSCN}$ , ки  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  -ро ҳосил мекунад, ёфта наметавонем, чунки иони  $\text{Fe}^{3+}$  ба таркиби

иони комплексии  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  дохил шудааст. Ин ионро бошад **таъриро бо ёрии** сульфати оҳани дувалента муайян кардан мумкин, **чунин:**



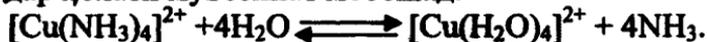
**Бо ёрии** мувозинатҳои ионӣ имконият ҳаст, ки табиати **ионҳои беруни** аз сферагӣ ва миқдори онҳоро дар молекулаи **ишғоли** комплекси муайян кунем:



**Ғайр** аз ин миқдори ионҳои диссоциатсияшударо бо ёрии **бузургии** электрикгузаронии молекулавӣ муайян кардан мумкин.

Мувозинати солвататсионӣ - реаксияи ивазие мебошад, ки **дар натиҷаи** он адади муайяни молекулаҳо ё ионҳои лигандҳои **ишғоли** додашуда бо молекулаи ҳалқунанда иваз карда **васила** мешавад. Масалан:

иони  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  дар маҳлули обӣ бо иони  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  ва **амал** дар ҳолати мувозинат мебошад:



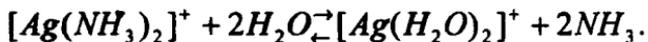
Азбаски ивазшавии лигандҳо дар иони комплексӣ бо **молекулаҳои** об ба ҳосилшавии иони гидратнокшуда меоварад, **бинобар** мувозинати солвататсиониро амалан мувозинати **диссоциатсияи** электролитии иони комплексӣ шуморидан мумкин.

Диссоциатсияи ионҳои комплексӣ одатан бо дараҷаи суст **гузашта**, ба қонуни таъсири масса итоат мекунад ва миқдоран бо **константаи** диссоциатсия ифода меёбад:

$$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3;$$

$$K_{\text{дисс.}} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 4 \cdot 10^{-7}.$$

Муодилаи диссоциатсия дар амал бояд чунин навишта шавад:



Аз **ин**  $K_{\text{дисс.}}$  константаи диссоциатсия ҳам дигар хел ифода **меёбад**:

$$K_{\text{дисс.}} = \frac{[Ag(H_2O)_2]^+ \cdot [NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+ \cdot [H_2O]^2}$$

Дар маҷал бошад таъсири массаи молекулаи об хеле ночиз аст, бинобар гидрататсияи ионҳоро ба ҳисоб намегиранд.

Азбаски константаи диссоциатсия устувори ионҳои комплексиро нишон медиҳад, бинобар онро константаи ноустувори комплекси меноманд.

Чӣ қадар, ки комплекс ноустувор бошад, ҳамон қадар бузургии  $K$ - ноустуворӣ меафзояд (ҷадвали 8).

Ҷадвали 8

**Константаи ноустувори ионҳои комплекси**

Диссоциатсияи иони комплекси	Константаи ноустувори ион дар ҳарорати хона
$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^-$	$1 \cdot 10^{-21}$
$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$	$4,0 \cdot 10^{-7}$
$[AlF_6]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 6F^-$	$2,0 \cdot 10^{-28}$
$[Co(NH_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6NH_3$	$8 \cdot 10^{-6}$
$[Co(NH_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6NH_3$	$8 \cdot 10^{-36}$
$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	$4,6 \cdot 10^{-14}$
$[Fe(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons Fe^{3+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-44}$
$[Fe(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Fe^{2+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-37}$
$[PtCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Pt^{2+} + 4Cl^-$	$1,0 \cdot 10^{-16}$
$[SiF_6]^{2-} \rightleftharpoons Si^{4+} + 6F^-$	$6,3 \cdot 10^{-8}$
$[Zn(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4NH_3$	$4,0 \cdot 10^{-18}$
$[Zn(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4CN^-$	$6,3 \cdot 10^{-18}$
$[NH_4]^+ \rightleftharpoons H^+ + NH_3$	$6,0 \cdot 10^{-10}$

Дар маҳлулҳои пайвастиҳои комплекси константаи ноустувориашон калон ҳамаи қисмҳои таркибии молекуларо бо осонӣ муайян кардан мумкин. Ба ингуна пайвастиҳои зокҳо мисол шуда метавонанд:

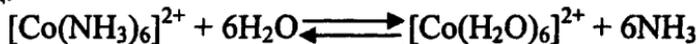


Константаи ноустуворӣ мустақами (устуворӣ) ионҳои комплекси дар маҳлул нишон медиҳад. Бинобар ин дар вақти ба устуворӣ комплексо баҳо додан одатан аз константаи ноустуворӣ не, балки аз нишондиҳандаи константаи ноустуворӣ, ки бо логарифми манфии константаи ноустуворӣ баробар аст, истифода мебаранд:  $PK = -\lg K_{\text{ноуст.}}$ .

Масалан:  $K_{\text{ноуст.}}$  иони  $[Fe(CN)_6]^{3-} = 10 \cdot 10^{-44}$  бошад, онгоҳ нишондиҳандаи  $K_{\text{ноуст.}}$   $PK = 44$  мешавад.

Чӣ тавре, ки дида мешавад ҳар қадар комплекс устувор бошад, ҳамон қадар бузургии  $PK$  баланд аст.

Устувории комплекс дар маҳлул ба таъсири ҳалкунанда дар навбати аввал ба хусусият ва устувории банди химиявии байни иони марказӣ ва лигандҳо вобаста аст. Устувории ин банд ба табиати атоми марказӣ, дараҷаи оксидшавии он, андоза ва сохтори қабатҳои электронии он ва инчунин табиати лигандҳо вобаста аст. Чӣ қадар, ки радиуси иони комплексоилкунанда хурд ва заряди он калон бошад, ҳамон қадар комплексои устувор ҳосил мекунад. Масалан, иони комплекси  $[Co(NH_3)_6]^{2+}$  дар об вайрон шуда, чунин реаксияро медиҳад:



Иони комплекси  $[Co(NH_3)_6]^{3+}$  бошад, амалан аз таъсири об вайрон намешавад.

Ба устувории комплексо дар маҳлул нисбати андозаҳои иони марказӣ ва лигандҳо ҳам таъсири калон доранд. Катионҳои хурд бо анионҳои хурд ва катионҳои калон бо анионҳои калон комплексои устувор ҳосил карданишон мумкин.

Устувории пайвастиҳои комплекси дар маҳлулҳо ба бузургии адади координатсионии иони комплексоилкунанда ва сохтори электронии он ҳам вобаста аст. Одатан комплексои

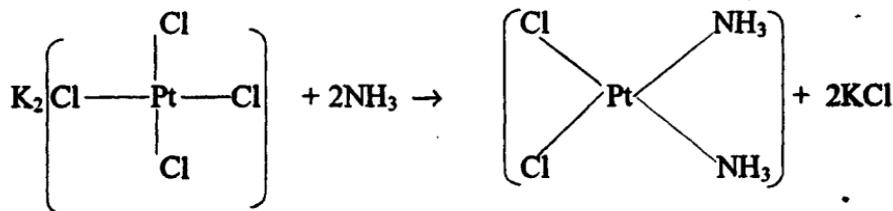
устуворро металлҳои валенташон ивазшаванда (гузаранда) ҳосил мекунанд, чунки дар пайвастагии химиявӣ на танҳо  $d$  ва  $f$  орбиталҳои электронӣ, балки  $S$  ва  $P$  орбиталҳо ҳам истифода бурда мешаванд. Ингуна гибридизатсияҳои электронӣ устувории банди химиявии атоми марказӣ ва лигандҳоро таъмин мекунанд.

Ба устувории пайвастагиҳои комплексӣ инчунин табиат ва хосиятҳои лигандҳо ҳам таъсир мекунанд. Одатан лигандҳои заряди калон ва радиуси хурд дошта комплексҳои нисбатан устуворро ҳосил мекунанд.

Пайвастагиҳои комплексӣ ба монанди дигар синфҳои пайвастагиҳои ғайриорганикӣ ба ҳамаи қонунҳои асосии химия итоат мекунанд. Ғайр аз ин пайвастагиҳои комплексӣ хосиятҳои хосе доранд, ки онҳоро дар асоси қонуниятҳои зерин ифода намудан мумкин.

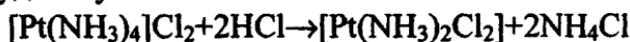
1. Қоидаи Пейроне. Моҳияти қоидаи Пейроне аз он иборат аст, ки дар атсидокомплексҳо иваз намудани ду боқимондаи кислотагӣ бо аммиак ё аминҳо ба ҳосилшавии сис-изомерҳо сабаб мешавад.

Масалан:  $K_2[PtCl_4] + 2NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_2Cl_2] + 2KCl$

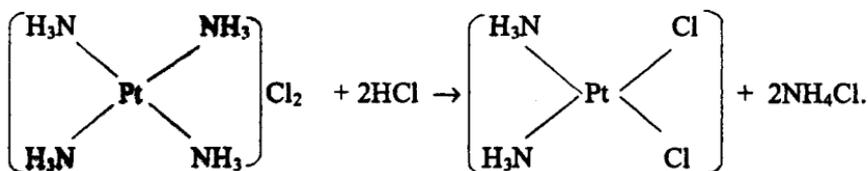


Минбаъд фишурдабарории боқимондаҳои кислотагӣ бо таъсири аммиак бо ҳосилшавии тетраатсидо пайвастагӣ меоварад.

2. Қоидаи Йоргенсен. Мувофиқи ин қоида, баръакс, дар натиҷаи иваз намудани аммиаки таркиби иони комплексӣ бо боқимондаи кислотагӣ транс-изомери атсидокомплексҳоро ҳосил намудан мумкин. Масалан:



ё худ



Минбаъд фишурдабарори аммиак аз сфераи дохилии комплекс бо таъсири боқимондаи кислотагӣ ба ҳосилшавиши тетраатсидо пайвастагӣ меоварад.

**3. Қонуният транс-таъсир.** Ин қонуният дар соли 1926 аз тарафи олими рус И.И. Черняев кашф карда шудааст. Ин қонуният нишон медиҳад, ки устувори банди химиявии байни лигандҳо ва ионҳои комплексҳои селкунанда на танҳо аз табиати иони марказӣ, балки аз табиати лигандҳое, ки ҳолати транс-ро ишғол кардаанд вобастагӣ дорад.

Ин қонуният ба ҳамаи пайвастагиҳои комплексие, ки сохти ҳамвор ва октаэдрӣ дошта, адади координатсионии иони марказӣ 4 ё 6 аст, тадбиқшаванда мебошад.

Исбот карда шудани ин қонуният барои химияи пайвастагиҳои комплексӣ хеле ҳам аҳамияти калон дорад. Вай имконият медиҳад, ки тартиби гузариши реаксияҳои ивазшавиро дар сфераҳои дохилии ғайриҷинса пешбинӣ карда, он реаксияро бо мақсад мувофиқ равона кунем. Донишмандони қонуни транс-таъсир имконият медиҳад, ки пайвастагиҳои аз 4 то 6 лигандҳои гуногун дошта синтез карда шаванд. Қоидаи транс-таъсир ифодаи қоидаҳои Пейроне ва Йоргенсенро дар амал нишон медиҳад.

## 7.8. АҲАМИЯТИ ПАЙВАСТАГИҶОИ КОМПЛЕКСИ

Дар химияи таҳлилий пайвастагиҳои комплексӣ хеле ҳам васеъ истифода бурда мешаванд. Онҳоро барои сифатан кушодан ва миқдоран муаян кардани катионҳо, инчунин барои ҷудо намудани элементҳо истифода бурдан мумкин. Истифодабарии пайвастагиҳои комплексӣ дар химияи таҳлилий бо ҳосилшавиши моддаҳои бадҳалшаванда,

камдиссо̀тсиянашава̀нда ва ра̀нгнок а̀соси  
шудааст.

Дар вақти таъсири маҳлули оби амми  
намакҳои гуногун, катионҳо бо шакли гил  
таҳшин шуданашон мумкин. Ғайр аз ин, ионҳои  
никел ва кобалт бо аммиак модҳои камҳал  
мекунад, ки дар таркибашон ионҳои комплекси:  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ ,  
 $[Ag(NH_3)_2]^+$ ,  $[Zn(NH_3)_6]^{2+}$ ,  $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ ,  $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ ,  
 $[Co(NH_3)_6]^{3+}$  доранд.

Баъзе пайвастиҳои комплекси аммиакати ра̀нги баланд  
доранд ва метавонанд барои миқдоран муайян намудани  
катионҳои истифода бурда шаванд. Масалан, мисро аз  
маҳлулҳои бо таъсири аммиак, ки иони ра̀нгаш осмонӣ  
 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  -ро ҳосил мекунад, бо усули колориметри муайян  
кардан мумкин.

Аз пайвастиҳои комплекси, ки ҳамчун реактивҳои  
ғайриорганикӣ дар химияи таҳлилии истифода бурда мешаванд,  
инчунин инҳоро қайд намудан мумкин:

- реактив барои калий -  $Na_3[Co(NO_2)_6]$ ;
- реактив барои оҳан -  $K_4[Fe(CN)_6]$ ;
- реактив барои натрий -  $UO_2(CH_3COO)_2$ ,  $Mg(CH_3COO)_2$ ;
- реактив барои руҳ -  $(NH_4)_2[Hg(CN)_4]$ .

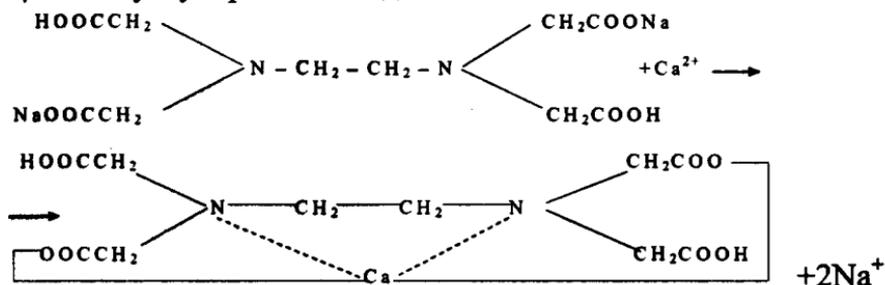
Барои миқдоран муайян намудани ионҳои металлӣ,  
пайвастиҳои дохиликомплексӣ низ аҳамияти калон доранд.  
Дар пайвастиҳои дохили комплексӣ иони металл ба лигандҳо  
ҳам бо ёрии валентнокии асосӣ ва ҳам бо ёрии валентҳои  
иловагӣ пайваст мешавад.

Аҳамияти махсуси ингуна пайвастиҳо аз он иборат аст,  
ки онҳо хеле ҳам устувор буда, амалан  
диссо̀тсиянашава̀ндаанд ва ра̀нги баландро доранд.  
Имконияти ҳосилшавии пайвастиҳои дохиликомплексӣ ба  
конфигуратсияи электронии ионҳо - донорҳо ва акцепторҳо  
вобаста аст.

Дар вақтҳои охир аз ин гурӯҳ комплексҳо махсусан  
комплексҳои татбиқи васеъ ёфтаанд. Масалан, намаки

натрий  
аз ко  
ду сан  
ҳамчун  
исти  
баъд

натрийги кислотаи этилендиаммин тетраатсетат (трилон Б) яке аз комплексонҳои муҳимтарин мебошад. Трилон Б бо металлҳои ду ва севалента пайвастагиҳои комплексие ҳосил мекунад, ки онҳо хеле устувор мебошанд:



Пайвастагиҳои комплексӣ инчунин дар рӯйпӯшкунии галванӣ ҳам васеъ истифода бурда мешаванд. Барои ин мақсад бештар аз комплексҳои  $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_3]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$ ,  $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_4]$  истифода мебаранд. Истифодабарии пайвастагиҳои комплексӣ дар рӯйпӯшкунии галванӣ имконият медиҳад, ки маҳсулоти баландсифат истеҳсол карда шавад.

Пайвастагиҳои комплексӣ инчунин барои бо усули электролитӣ ҳосил намудани металлҳо истифода бурда мешаванд. Масалан, дар вақти ҳосил намудани алюминий ба сифати электролит гудохтаи оксиди алюминийро дар криолит  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  истифода мебаранд. Дар вақти ҳосил намудани ниобий, тантал, торий ва магний аз гудохтаҳои намакҳои комплекси  $\text{K}_2[\text{NbF}_7]$ ,  $\text{K}_2[\text{TaF}_7]$ ,  $\text{K}[\text{ThF}_5]$ ,  $\text{K}[\text{MgCl}_3]$  истифода мебаранд.

Ин пайвастагиҳо нисбат ба намакҳои оддӣ дида камбухоршаванда, устувор ва аз таъсири буғҳои об камгидролизшаванда мебошанд.

Раванди комплексҳосилшавӣ барои ҷимояи металлҳо аз коорозия хеле аҳамияти калон дорад. Дар маҳлул мавҷуд будани моддаҳои, ки бо маҳсулоти коррозия пайвастагиҳои ҳалшаванда ё ҳалнашаванда медиҳанд, бо ҷараёни коррозия таъсир расонида, онро тез ё суст мекунад.

Масалан, бензоати натрийро  $C_6H_5COONa$  ҳамчун сусткунандаи ҷараёни коррозияи атмосферӣ васеъ истифода мебаранд. Агар дар бензоати натрий оҳанро нигоҳ дорем, баъд аз чанде дар сатҳи металл пардаи гексабензоати оҳан  $[Fe(C_6H_5COO)_6](OH)_3$  ҳосил шуда, ба коррозияи оҳан роҳ наметаҳад.

Дигар ингибитори паҳншудатарини коррозияи пулод, дар муҳитҳои нейтралӣ ва атмосферӣ, этаноламин  $H_2NCH_2CH_2OH(ET)$  мебошад.

Дар организмҳои (чинсҳои) ҳайвонот ва растаниҳо бошад пайвастагиҳои комплексӣ функсияҳои гуногунро иҷро мекунад: ҷамъшавӣ ва тақсимшавии моддаҳои гуногуну энергия, ивазшавии гурӯҳҳои функционалӣ, иштирок дар реаксияҳои оксидшавӣ - барқароршавӣ, ҳосилшавӣ ва вайроншавии бандҳои химиявӣ. Нақши пайвастагиҳои комплексӣ махсусан дар сохт ва функсияи хлорофилл ва гемоглобин хеле муҳим аст. Дар молекулаи хлорофилл, ки пайвастагии комплексӣ мебошад, нақши иони комплексҳосилкунандаро  $Mg^{2+}$  бозида, дар молекулаи гемоглобин бошад, чунин нақшро оҳан  $Fe^{2+}$  иҷро мекунад.

Дар организми ҳайвонотҳои бемӯҳра функсияи гемоглобинро пайвастагии комплекси дигар - гемосинанин иҷро мекунад. Дар замони ҳозира сохти химиявӣ, ивазшавӣ ва нақши биологии пайвастагиҳои комплексӣ дар организмҳои зинда васеъ омӯхта шуда истодааст.

## 8.1. ТАВСИФИ УМУМӢ

Об барои ҳаёти мо хеле ҳам аҳамияти муҳим дорад. Дар сайёраи мо бо об натанҳо ҳаёти организмҳои (чинсҳои) зинда, балки мавҷудият ва амалиёти бисёр соҳаҳои хоҷагии халқ вобаста мебошанд. Бисёр ҳодисаҳои аҷоибии табиат ҳам (ба амал омадани тиру камон, ҷилои шимолӣ, ҳалқаҳои атрофи офтоб ва ғайраҳо) ба об вобаста аст. Сабаби ҳамаи ин ҳодисаҳо ҳолатҳои гуногун агрегативии об: моеъ, газ ва ях мебошанд.

Дар ҳолати моеъгии худ об ба таркиби ҳамаи организмҳои зиндаи сайёраамон дохил мешавад. Масалан, организми одам 65%, растаниҳо то 90-95%, тухмҳои ғаладона то 7-15% об доранд. Қариб 71% сайёраи моро оби моеъ ташкил медиҳад. Пиряхҳо бошанд қариб 2% миқдори оби умумичаҳониро ташкил медиҳанд. Дар атмосфера аз ҳисоби бухоршавии обҳои дарёҳо, баҳрҳо ва уқёнусҳо буғҳои об ҷамъ мешаванд. Обҳои баҳрҳо ва уқёнусҳо гармиидорақунандаи иқлим мебошанд. Буғҳои оби атмосферӣ бо шакли барфу борон ба замин фаромада организмҳои растани ва ҳайвонотро бо миқдори зарурӣ бо об таъмин мекунанд.

Об қобилият дорад, ки як қисм газҳои атмосфериро дар худ ҳал кунад. Бояд қайд кард, ки оксиген нисбат ба нитроген дида дар об ду маротиба зиёдтар ҳал мешавад. Аммо аз сабаби зиёд будани нитроген дар ҳаво, миқдори ҳалшудаи он дар об нисбат ба оксиген зиёдтар аст. Аз оксигени элементарии дар об ҳалшуда организмҳои дар об ҳаёт гузаронанда ҳамчун оксидкунанда истифода мебаранд.

Концентратсияи дуоксиди карбон дар об кам мебошад, чунки миқдори умумии вай дар атмосфера он қадар бисёр нест. Аммо ин миқдори кам ҳам барои раванди фотосинтези дар растаниҳои обӣ ба амал меомада хеле зарур мебошад. Дуоксиди карбони дар об ҳалшуда ба вай лаззати хуб медиҳад. Оби ҷушонидашуда лаззат надорад, чунки дар вақти ҷушонидан

ҳамаи дуоксиди карбони ҳалшуда берун шуда, як қисми намакҳои дар об ҳалшуда таҳшин мешавад.

Бисёр модҳои дигари дар об ҳалшуда бошанд баъд аз ҷушонидан ҳам дар он боқӣ мемонанд. Онҳоро дар натиҷаи буғрон намудани об мушоҳида кардан мумкин аст. Ҳамин тавр, муайян карда шудааст, ки дар оби уқёнус то 40 элементи химиявӣ мавҷуд буданаш мумкин. Элементҳои нисбатан бисёри дар оби уқёнусҳо мавҷуд буда инҳо мебошанд (ҷадвали 9)

Ҷадвали 9

**Миқдори баъзе элементҳои химиявӣ дар оби уқёнусҳо**

Элементи химиявӣ		Миқдори элемент дар об, мол/кг
Номи элемент	Символи элемент	
Гидроген	H	53,7
Оксиген	O	0,535
Хлор	Cl	0,460
Натрий	Na	0,052
Магний	Mg	0,028
Сулфур	S	0,010
Калсий	Ca	0,1010
Калий	K	0,010
Бром	Br	0,068

Бояд қайд кард, ки намакҳои миёнаи оби уқёнус то 35% шуданаш мумкин. Намакҳои оби баҳрҳо то 40% шуданаш мумкин. Оби нушоқӣ бояд, ки камаш 0,05% намакҳои ҳалшуда дошта бошад. Агар миқдори намакҳо дар об аз 0,25% зиёд шавад, растаниҳо набуд шуданашон мумкин. Оби нушоқӣ мазааш шӯр набошад ҳам миқдори муайяни намакҳои ҳалшударо дорад. Мавҷудияти миқдори барзиёди намакҳои ҳалшуда дар об хосиятҳои онро тағйир медиҳад. Яке аз ҳамин гуна хосиятҳои дуруштии об мебошад. Одатан дараҷаи дуруштии обро аз рӯи миқдори катионҳои дувалентии  $Ca^{2+}$  ва

$Mg^{2+}$  муайян менамоянд: адади миллиграмм – эквивалентҳои намакҳои металлҳои дувалентии калсий ва магний, ки дар як литри об мавҷуд аст (мг-экв/л), дуруштии об номида мешавад.

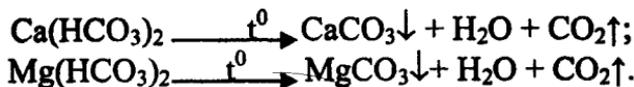
Одатан дуруштии муваққатӣ ва доимии обро фарқ мекунам. Чамъи дуруштиҳои муваққатӣ ва доимӣ дуруштии умумиро медиҳад. Обҳо аз ҷиҳати дараҷаи дуруштии худ чунин шуданашон мумкин:

- Оби аз ҳад нарм..... 1,5 мг-экв/л;
- Оби нарм..... 1,5-3 мг-экв/л;
- Оби дурушти миёна..... 3,6мг-экв/л;
- Оби дурушт..... 6-9мг-экв/л;
- Оби аз ҳад дурушт..... аз 9мг-экв/л зиёд.

Аз ҳама оби нарм обҳои борон ва барф мебошанд, ки амалан намакҳои ҳалшударо надоранд.

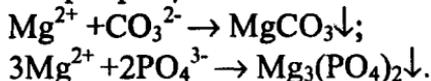
Барои ҳоҷагии халқ мавҷудияти намакҳои металлҳои дувалентии Са ва Mg дар об зарари калон дорад. Ин намакҳо дар дегҳои саноатӣ қалахш ҳосил намуда, ба беҳуда сарфшавии сӯзишворӣ ва то ҳатто ба таркиш сабаб шуданашон мумкин. Бинобар ин зарур меояд, ки дегҳоро доимо тоза ва обро бошад нарм карда шавад, яъне аз намакҳои катионҳои  $Ca^{2+}$  ва  $Mg^{2+}$  дошта озод карда шавад.

Вобаста ба дараҷаи дуруштии об усулҳои гуногуни бартарарфкунии онро истифода мебаранд. Масалан, дуруштии муваққатии обро дар натиҷаи гарм намудани он барҳам медиҳанд, ки бо чунин реаксияҳои химиявӣ асоснок кунонида шудааст:

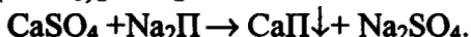
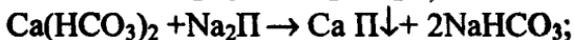


Дуруштии доимии обро дар натиҷаи гарм намудан барҳам дода намешавад. Дар ин ҳолат усулҳои гуногуни химиявиро истифода мебаранд.

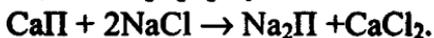
1. Таҳшин намудани ионҳои  $Ca^{2+}$  ва  $Mg^{2+}$  ба шакли карбонатҳо, фосфаҳо, метафосфатҳо:



2. Реаксияи ивазӣ бо пермутитҳо  $\text{Na}_2\text{P}$  (алюмосиликатҳои сунъии типии сеолитӣ -  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ):



Дар ин ҷо пермутити истифода бурдашуда метавонад аз нав тоза карда шуда, боз кор фармуда шавад:



3. Дар асоси реаксияҳои ивазӣ бо зифтҳо.

4. Дар асоси реаксияи комплексҳосилшавӣ бо трилон Б (дар деғҳои саноати атомӣ). Ба боло нигаред.

## 8.2. ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКАВИИ ОБ

Чӣ тавре, ки маълум аст молекулаи об аз ду атоми гидроген ва як атоми оксиген иборат аст. Бояд қайд кард, ки вобаста ба ҳолати агрегатӣ ва ҷойгиршавии худ дар қисмҳои гуногуни замин, таркиби об (миқдори газҳо ва намакҳои ҳалшуда, изотопҳои гидроген ва оксиген, элементҳои радиоактивӣ) тағйир меёбад.

Дар таркиби оби муқаррарӣ як миқдор обҳои вазнин  $\text{D}_2\text{O}$  ва аз ҳад вазнин  $\text{T}_2\text{O}$  мавҷуд буданашон мумкин. Дар молекулаи оби вазнин ба ҷои гидрогени Н (протий) изотопи вазнини он Д (дейтерий) ва дар молекулаи оби аз ҳад вазнин – изотопи дигараш тритий – ҷой гирифтаанд. Дар оби муқаррарӣ ба ҳар 1000 молекулаи он як молекулаи  $\text{D}_2\text{O}$  рост омада, ба ҳар як молекулаи  $\text{T}_2\text{O}$  -  $10^{19}$  молекулаи  $\text{H}_2\text{O}$  рост меояд.

Оби вазнин  $\text{D}_2\text{O}$  беранг буда, буй ва маза надорад. Аз тарафи организм аз худ карда намешавад. Нисбат ба оби оддӣ камбӯхоршаванда буда, бинобар дар баҳрҳои тропикӣ нисбат бо обанборҳои дар қутбҳо буда зиёдтар аст. Ҳисоб кард шудааст, ки агар ҳамаи оби вазнини заминро ҷамъ намоем, ҳаҷми ба ҳаҷми оби баҳри сиёҳ баробар мешавад.

Дар табиат се изотопи устувори оксиген мавҷуд аст, ки онҳо дар таркиби об воমেҳуранд:  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  ва  $^{18}\text{O}$ . Дар вақти

бухоршавӣ ба шакли буг асосан молекулаҳои оби дар таркибашон  $^{16}\text{O}$ , дошта мегузаранд. Бинобар дар обҳои баҳрҳо ва уқёнусҳо таносуби  $^{18}\text{O}$ :  $^{17}\text{O}$  нисбат ба атмосфера дида зиёдтар аст. Умуман дар асоси изотопҳои устувори оксиген ва гидроген 18 намуд молекулаҳои гуногуни обро фарқ мекунанд (ҷадвал 10). Дар вақти ба ҳисоб гирифтани изотопҳои ноустувори  $^{14}\text{O}$  ва  $^{13}\text{O}$  дигаршаклҳои молекулаи об то ба 36 мерасад.

Ҷадвали 10

### Дигаршаклҳои молекулаи об

№ тарт	Об	Изотопи О	Изотопи Н	Ҳарорати ҷушиш, °С	Ҳарорати яхкунӣ, °С
1.	$\text{H}_2\text{O}^{16}$	$^{16}\text{O}$	2Н	100	0
2.	$\text{H}_2\text{O}^{17}$	$^{17}\text{O}$	2Н		
3.	$\text{H}_2\text{O}^{18}$	$^{18}\text{O}$	2Н		
4.	$\text{HDO}^{16}$	$^{16}\text{O}$	НД		
5.	$\text{HDO}^{17}$	$^{17}\text{O}$	Д		
6.	$\text{HDO}^{18}$	$^{18}\text{O}$	НД		
7.	$\text{D}_2\text{O}^{16}$	$^{16}\text{O}$	2Д	101,4	3,6
8.	$\text{D}_2\text{O}^{17}$	$^{17}\text{O}$	2Д		
9.	$\text{D}_2\text{O}^{18}$	$^{18}\text{O}$	2Д		
10.	$\text{T}_2\text{O}^{16}$	$^{16}\text{O}$	2Т		
11.	$\text{T}_2\text{O}^{17}$	$^{17}\text{O}$	2Т		
12.	$\text{T}_2\text{O}^{18}$	$^{18}\text{O}$	2Т		
13.	$\text{THO}^{16}$	$^{16}\text{O}$	ТН		
14.	$\text{THO}^{17}$	$^{17}\text{O}$	ТН		
15.	$\text{THO}^{18}$	$^{18}\text{O}$	ТН		
16.	$\text{TDO}^{16}$	$^{16}\text{O}$	ТД		
17.	$\text{TDO}^{17}$	$^{17}\text{O}$	ТД		
18.	$\text{TDO}^{18}$	$^{18}\text{O}$	ТД		

Молекулаи  $\text{H}_2\text{O}^{16}$  дар оби табиӣ 99,73%,  $\text{H}_2\text{O}^{18}$  – 0,2% ва  $\text{H}_2\text{O}^{17}$  – 0,04%- ро ташкил медиҳанд. Аз дигаршаклҳои обҳои дар ҷадвал овардашуда  $\text{HDO}^{16}$  дар реакторҳои ядровӣ дар вақти ҳосил намудани энергияи атомӣ ба сифати моддаи ҳаракати

нейтронҳоро сусткунанда истифода бурда мешавад. Дигаршакли оби таркиби  $T_2O^{16}$  дошта ба сифати индикатори радиоактивӣ, дар моддаҳои наминагузаронанда, ба кор бурда мешавад. Баъзе маълумотҳо оид ба хосиятҳои физикавии оби муқаррарӣ:

1. Массай молекулавӣ.....	18
2. Ҳарорати гудозиш, °С.....	0
3. Ҳарорати ҷушиш, °С.....	100
4. Ҳарорати критикӣ, °С.....	374,2
5. Энтропияи бухоршавӣ (константаи трутон), КкҶ/мол .	104,28
6. Гузарандагии диэлектрикӣ.....	81,00
7. Моменти диполя.....	1,84
8. Гармии буғшавӣ.....	9,72
9. Қайиши нисбӣ .....	1,00
10. Қаробат бо протон, кҶ/мол (яъне гармии реаксияи $A_{(r)}+H_{(r)}^+ \rightarrow AH^+_{(r)}$ .....	762,00
11. Электрикузаронии хос, Ом <sup>-1</sup> СМ <sup>-1</sup> .....	$4 \cdot 10^{-8}$

### 8.3. ХОСИЯТҲОИ ХИМИЯВИИ ОБ

Аз ҷиҳати химиявӣ об яке аз моддаҳои фаъолтарин мебошад. Вай метавонад ба реаксияҳои пайваستшавӣ, муовиза, гидролиз ва комплексҳосилшавӣ бо элементҳо ва пайвастагҳои химиявӣ дохил шавад. Об метавонад бисёри оксидҳо, асосҳо, кислотаҳо ва намакҳоро ҳал кунад ( $NO_2$ ,  $SO_3$ ,  $CaO$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $KOH$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $CH_3COOH$ ,  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ва ғайраҳо). Танҳо қисми хеле ками элементҳои системаи даврӣ ба таъсири об устувор мебошанд, масалан: V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Ni, оҳани аз ҷиҳати химиявӣ тоза, Ag, Au ва дигарҳо.

Аксарияти дигари металлҳо бошанд ба об дар шароитҳои гуногун ба реаксияи пайвастшавӣ дохил мешаванд. Масалан, дар шароити муқаррарӣ метавонанд K, Rb, Cs, Ca, оҳани техникӣ, дар вақти гарм намудан бошад Mg, B, Al, Mn, Zn, Cd, Sn бо об ба реаксия дохил шаванд. Об метавонад бо галогенҳо ва ангишти тафсон таъсир кунад. Зарур аст, ки дар вақти нигоҳ

доштани ин элементҳои химиявӣ чунин реаксияҳои химиявӣ байни онҳо ва обро ба ҳисоб гирем.

Бисёр соҳаҳои саноати химиявӣ ба реаксияҳои пайваستшавии обу оксидҳо асоснок кунонида шудаанд.

Бояд қайд кард, ки дар вақти ҳалшавии моддаҳо дар об инчунин реаксияҳои пайвастшавӣ ҷой доранд, ки дар натиҷа маҳсулотҳои таркибашон номуайян ҳосил мешаванд. Дар ин ҳолат муодилаҳои реаксияҳои химиявӣ дар об ҳалшавиро наменависанд. Аммо дар вақтҳои дигар пайвастагиҳои таркибиашон доимӣ ҳосил шуданашон мумкин. Масалан, дар вақти дар об ҳалшавии хлоридҳои оҳан, кобальт, никел аз маҳлулҳои сер пайвастагиҳои  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  таҳшин шуданашон мумкин.

Дар замони ҳозира олимони ба чунин хулоса омаданд, ки дар маҳлули обӣ об ҳам компоненти баробарҳуқуқи системаи физико-химиявӣ мебошад.

Ҳосияти химиявӣ об инчунин дар нақши катализаторро бозидани он ҳам зоҳир мешавад. Масалан, маълум аст, ки дар мавҷуд набудани об хлор ба металлҳо, фториди гидроген ба шиша таъсир намекунад, натрий ва фосфор дар ҳаво оксид намешаванд.

Об қобилият дорад, ки бо аксарияи моддаҳои газшакл ва фаъолияти химиявӣ паст дошта ба реаксияҳои пайвастшавӣ дохил шавад. Масалан, ҳоло гидратҳои  $\text{Xe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$  ва ғайраҳо маълум мебошанд. Ингуна пайвастагиҳо дар натиҷаи ба сӯрохиҳои байни молекулаҳои об дохил шудани газҳо ҳосил шудаашон мумкин, ки онҳоро пайвастагиҳои дохилшавӣ ё худ клатратҳо меноманд. Клатратҳо ноустувор буда, метавонанд танҳо дар ҳароратҳои нисбатан паст вучуд дошта бошанд.

#### 8.4. ТАҲЛИЛ ВА СИНТЕЗИ ОБ

Таҳлили об бо мақсади муайян намудани таркиби сифатӣ ва миқдории он гузаронида мешавад. Ғайр аз он дар натиҷаи

таҳлил мо метавонем оид ба сохтор ё худ ҷойгиршавии молекулаҳои об, сохти қабатҳои электронӣ ва орбиталҳои молекулавии он маълумот гирем. Оид ба таркиб ва сохти об мо метавонем дар асоси синтези он ҳам маълумот гирем. Маълумотҳо оид ба таркиб ва сохти об на танҳо барои амалияи ҳаёти организмҳои зинда ва саноат умуман, балки барои фаҳмидани ҳодисотҳои гуногуни табиат ҳам зарур буда, захираи донишамонро оид ба олами объективӣ зиёд менамояд.

Таҳлили сифатии об бо таври визуалӣ ва бо ёрии реаксияҳои индикаторӣ гузаронида мешавад. Бо таври визуалӣ мо метавонем шаффофӣ, рангноки, хирагӣ, маза, бӯй, моддаҳои таҳшин ва шинокунандаро муайян намоем.

Дар асоси рангнокии об мавҷудияи моддаҳои гуминӣ (рангдиҳанда), пайвастагиҳои оҳан (III), микроорганизмҳо, сульфидҳо ва ғайраҳоро муайян менамоянд.

Дар асоси хирагӣ мавҷудияти моддаҳои ҳалнашаванда ва коллоидиро муайян мекунад. Бо лаззатҳои гуногун соҳиббудани об аз мавҷудияти моддаҳои пайдоишашон табиӣ ё худ олушавии он вобаста аст. Обҳои зеризаминӣ мазаи махсусдоранд, ки бо мавҷудияти ионҳои  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , хлоридҳо ва карбонатҳо вобаста аст.

Дар ҳамин асос 4 намуди мазаро (лаззатро) фарқ мекунад: шӯр, ширин, талх ва турш. Бӯйҳои махсусро ба об мавҷудияи моддаҳои бӯйноки ҳалшуда медиҳанд ( $H_2S$ ,  $Cl$ , фенол). Обҳои саноатӣ бошанд, бӯйҳои махсусси худро доранд, ки ба таркиби маҳсулотҳои истеҳсолкарда мешудаи ҳамон муассиса вобаста аст.

Таҳлили миқдорӣ об ба мақсади муайян намудани концентратсияи моддаҳои дар об буда гузаронида мешавад. Вобаста ба концентратсияи моддаҳои муайяншаванда таҳлили миқдорӣ об бо методҳои гуногун гузаронида мешавад, ки ҳамаи онҳо ба гурӯҳҳои вазнӣ, ҳаҷмӣ, физико-химиявӣ тақсим мешаванд.

Якӯмин маротиба таркиби молекулаи об дар соли 1871 аз тарафи Кавендиш дар асоси реаксияи сӯзиши гидроген



муайян карда шуда буд.

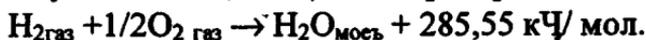
Дар замони ҳозира ин реаксия дар химия барои таҳлили сифатии элементҳои платина, палладий, ирридий ва рений истифода бурда мешавад. Металлҳои номбаршуда барои реаксияи синтезӣ об катализатор мебошанд.

Дар асоси аз об гузаронидани ҷараёни электрикӣ муайян карда шудааст, ки молекулаи об аз гидроген ва оксиген иборат буда, таносуби онҳо  $\text{H} : \text{O} = 2 : 1$  аст. Яъне ин онро исбот мекунад, ки молекулаи об новобаста ба ҳолати агрегативӣ аз 2 атоми гидроген ва 1 атоми оксиген иборат аст.

Қувваи ҷараёни электрикӣ чен карда истода, ҳисоб кардан мумкин, ки барои вайроншавии 1 мол  $\text{H}_2\text{O}$  285,55 кҶ/мол гармӣ сарф мешавад. Бинобар муодилаи реаксияи вайроншавии молекулаи обро аз таъсири ҷараёни электрикӣ чунин навиштан мумкин:



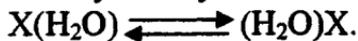
Агар гармии реаксияи ҳосилшавии молекулаи обро дар калориметр чен кунем ба 285,55 кҶ/мол баробар мешавад. Яъне:



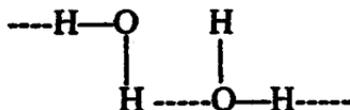
Вайроншавии молекулаи  $\text{H}_2\text{O}$  бо схемаи  $\text{HON} = \text{H} + \text{O} + \text{H}$ , 225,32 кҶ/мол энергияро талаб мекунад (энергияи миёнаи банди  $\text{H}-\text{O}$  462,66 кҶ/мол). Дар вақти ҳисоб намудани энергияи пай дар пай кандашавии банди  $\text{H}_2\text{O}$ , барои кандашавии гидрогени якум 498,25 кҶ/мол ва гидрогени дуҷуум 427,07 кҶ/мол энергия рост меояд.

Чӣ тавре, ки дар боло қайд намудем сохт ва сохтори молекулаи обро инчунин бо усулҳои гуногуни физико-химиявӣ ҳам (диаграммаи таркиб-хосият, таҳлили рентгеноструктурӣ, дифраксионӣ ва ғайраҳо) омӯختан мумкин. Дар асоси истифодабарии усулҳои гуногун муайян карда шудааст, ки об дар шароити муқаррарӣ метавонад бо шакли мономерҳо ва полимерҳо вуҷуд дошта тавонад.

Бинобар барои об чунин муодила хос мебошад:



Ассотсиатсияи молекулаи об дар асоси бандҳои гидрогенӣ ва кашиши қутбҳои гуногунозаряди молекулаҳои об ба амал омаданаши мумкин:

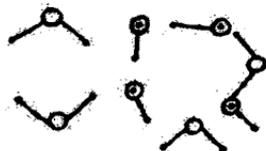
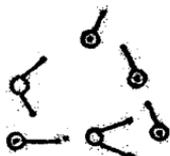


боҳамкашии молекулаҳои қутбҳои гуногуно

банди гидрогенӣ дар оби моеъ

Дар ин ҳолат ҳарорати об доимӣ мемонад ( $100^{\circ}\text{C}$ ), то вақте, ки дар система оби моеъ бошад. Яъне энергияи оби моеъ нисбат ба энергияи ҳамин миқдор бӯғ камтар аст. Дар вақти конденсатсия шудани бӯғҳои об ва ҳосилшавии оби моеъ энергияи барои бухоршавӣ сарф шуда хориҷ мешавад. Аз ин ҷо маълум мешавад, ки дар бӯғҳои об ва газҳои  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  зоҳиран энергияи потенциалии вуҷуд дошта, ин энергия метавонад дар вақти гузариши фазагӣ ба реаксияи химиявӣ бо намуди эффекти гармии реаксия хориҷ шавад.

Дар ҳолати моеъгӣ, агарчанде молекулаҳо, бо якдигар кашида шаванд ҳам, онҳо каму беш озодона ҳаракат мекунанд. Дар вақти ях бастанӣ об молекулаҳои он мавқеҳои муайянеро дар фазо ишғол мекунанд. Дар ин ҳолат об бо шакли кристаллҳои гексагоналии (шашкунҷа) шуданаши мумкин.



Дар ин ҷо: O – оксиген; H – гидроген.

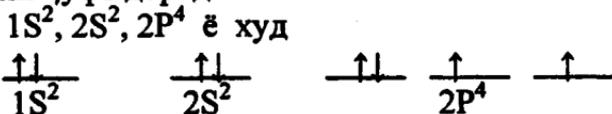
Бинобар ин ҳамаи барфпорчаҳо як хел шаклро-шашкунҷаҳои дурустро такрор мекунанд.

Гузариши ҳолати моегии об ба яхӣ бо хориҷшавии гармӣ ба амал омаданаши мумкин. Муайян карда шудааст, ки дар ҳар як қабат, ҳар як молекулаи об бо се банд молекулаҳои «қабати худ» пайванд буда, танҳо бо ёрии як банд ба молекулаи «қабати дигар» пайванд аст.

Пайванди ягонаи байни қабатҳо ноустувор буда, бо осонӣ канда мешавад, бинобар молекулаҳо метавонанд нисбат ба якдигар ба тарафҳои гуногун лағжанд. Бешубҳа дар ҳолати моеъгӣ ҳам пайванди байни молекулаҳои «қабати худ» мустаҳкамтар мебошад.

Сабабгори асосии симметрияи ях ба сохтори оби моеъ, сохти қабатҳои электронии гидроген, оксиген ва ҷойгиршавии орбиталҳои молекулавии об мебошанд.

Чӣ тавре, ки маълум аст, атоми оксиген дар қабати берунаи электронии худ 2P-электрони тоқ, 2P-электрони ҷуфт ва 2S электрони ҷуфт дорад:



Атоми гидроген  $1S^1$  электрон дорад. Функсияи мавҷии P-электронҳои тоқи атоми оксиген ва S электронҳои атоми гидроген чунин намудро дорад:



Дар ҳолати барангехташавӣ (дар вақти ҳосилшавии банди химиявӣ бо гидроген), 2S электронҳои оксиген ба P-электронҳо тақдир меёбанд. Ҳамин тавр дар вақти ҳосилшавии молекулаи об орбиталҳои гуногуни электронҳои валентии атоми оксиген (як S орбитал ва се P-орбитал  $P_x, P_y, P_z$ ) ба чор орбитали якхелаи гибридии  $SP^3$  тақдир меёбанд.

Дар вақти наздикшавии атоми оксиген бо атоми гидроген абри электронии умумии  $S P^3$  ҳосил мешавад. Ду-то ҳамингуна абри электронӣ нисбат ба якдигар дар кунҷи  $104,5^\circ$  ҷойгир мешаванд, ки сабаби асосии қувваи аз ҳам теладихии зарядҳои якхелаи атомҳои H, ё спинҳои якхелаи бандҳои он, мебошад.

Ҳамин тавр дар молекулаи об 4 орбитали гибридии оксиген мавҷуд буда, дутои онҳо банди ковалентиро бо атомҳои гидроген дода, дутои дигарашон бошад бо ҷуфтҳои электронӣ

банд мебошанд. Ионҳои гидrogени молекулаҳои ҳамсоя ин ҷуфтҳои электрониро ба худ кашида бандҳои гидrogениро ҳосил мекунад ва молекулаи об сохти тетраэдро мегирад.

## 8.5. СИСТЕМАҲОИ ДИСПЕРСИ

Қариб ҳамаи равандҳои химиявӣ, ки дар табиат, саноат ва хоҷагиҳои гуногун воқеъ шудаанд, дар маҳлулҳо мегузаранд. Ҳолатҳои газӣ, моеъӣ ва сахти маҳлулҳо шуданашон мумкин. Аз ҷиҳати хосиятҳои худ маҳлулҳо аз моддаҳои содда, системаҳои гетерогенӣ, омехтаҳои молекулавӣ ва пайвастагиҳои химиявӣ фарқ мекунад. Маҳлулҳо новобаста аз ҳолати агрегатии худ, хусусияти банд, сохтор ба қонунҳои умумӣ итоат мекунад.

Масалан, хлориди натрий, қанд, спирти этил, оби дистиллонидашуда - моддаҳои содда мебошанд. Барои ҳар яке ин моддаҳо хосиятҳои муайян хос мебошанд: ҳарорати ғудозиш, ҷушиш, сахтшавӣ, фишори буғҳо, зичӣ, массаи молекулавӣ, спектрҳои фурубарӣ, электрикгузаронӣ ва ғайраҳо. Ҳама гуна моддаҳои содда чунин тавсифи ба худ хос доранд.

Фарз кунем, ки мо як қисми ин моддаҳо (хлориди натрий, қанд ё спирти этилро) бо об омехта мекунем. Дар натиҷа маҳлулҳои намак-об, қанд - об ё худ спирти этил-об ҳосил мешаванд.

Вобаста ба андозаи моддаҳои гирифташуда (масалан, намак-об) хосиятҳои маҳлулҳо - зичӣ, ҳарорати ҷушиш, сахтшавӣ ва ғайраҳо тағйир меёбанд. Аммо дар ҳамагуна андозаи нисбатии моддаҳои гирифташуда, оби намакин нисбат ба оби тоза дида вазни хоси калон дорад. Оби намакин нисбат ба оби тоза дида дар ҳарорати баландтар меҷушад.

Ҳарорати ҷушиши оби тоза доимӣ буда ба  $100^{\circ}\text{C}$  баробар аст, ҳол он ки ҳарорати ҷушиши оби намакин баланд аст, агар буғҳои оби ҷудошуда истодаро бо усули конденсатсия (хунуккунӣ) ҷамъ намоем, онгоҳ оби тозаро ҳосил намудан мумкин. Бо ҳамин усули буғронкунӣ ва кристаллизатсия

(ҳосилшавии моддаи кристаллии сахт) мо метавонем аз маҳлулҳо моддаҳои сахтро ҷудо кунем.

Дар вақти гарм кардан аз сатҳи моеъ молекулаҳои ҳалкунанда ба монанди ҳубобчаҳо (буғҳосилшавӣ ё бухоршавӣ) ҷудо мешаванд. Дар дараҷаи муайяни ҳарорат фишори буғҳои сатҳи моеъ ба фишори атмосферӣ баробар мешавад ва ҳодисоти нав ба амал меояд. Яъне дар ин ҳолат ҳубобчаҳо аз тамоми сатҳи моеъ ҳосил мешаванд ва бинибар моеъ мечушад. Азбаски спирти этил нисбат ба об дида тез бухоршаванда аст, бинобар фишори буғҳои вай нисбат ба фишори буғҳои об дида зиёдтар мебошад. Спирти этил дар ҳарорати  $78,5^{\circ}$  мечушад. Бинобар дар вақти омехтаи об ва спирти этилро буғрон намудан, онҳоро аз ҳам ҷудо намудан мумкин аст, ки ин равандро буғронкунии меноманд.

Тағйирёбии ҳолатҳои агрегатии моддаҳо дар раванди буғронкунии табиқии моеъ ба газ, моддаи сахт ба моеъ ва ғайраҳо-гузариши фазагӣ номида мешавад.

Моддаҳо, ки дар натиҷаи ин раванд ҳосил мешаванд, компонентҳо ном доранд.

Маҳлулҳои сахт ҳам метавонанд аз ду ва ё якчанд компонент иборат бошанд. Мисоли ингуна маҳлулҳои сахт ҳулаҳо шуданашон мумкин. Агар дар таркиби маҳлул яке аз компонентҳо бо миқдори бисёр бошад, онро ҳалкунанда ва компоненти миқдораш камро ҳалшаванда меноманд. Маҳлулҳо на танҳо ду, се балки бисёр компонента ҳам шуда метавонанд. Масалан, ҳаво маҳлули бисёркомпонента буда, дар вақти хунук намудан аз он нитроген, оксиген ва газҳои инертиро ҷудо карда гирифтани мумкин.

Ҳамин тавр оид ба маҳлулҳо чунин тезисҳо (фишурдаҳо) пешниҳод намудан мумкин.

1. Баъзе ҳосиятҳои физикавӣ ва химиявӣ маҳлулҳо аз чунин ҳосиятҳои модаҳои таркибияшонро ташкилкунанда фарқ мекунад. Ин ҳосиятҳо дар амалия барои таҳлил, тайёр намудани маводҳои нав истифода бурда мешаванд.

2. Маҳлулҳо дар вақти гузариши фазагӣ нисбат ба моддаҳои тоза дида хосиятҳои дигархеларо зоҳир мекунанд, ки ин яке аз муайянкунандаҳои асосии ин система мебошад.

3. Дар асоси гузариши фазагӣ мо метавонем маҳлулро бо компонентҳо тақсим кунем. Дар ҳамин асос равандҳои ҳалшавӣ, буғронкунии, кристаллизатсия ва ғайраҳо амал мекунанд. Ҳамаи маҳлулҳо аз як фаза иборатанд. Маҳлулҳои моеъ шаффоф (беранг ё рангнок) буда, шаффофии маҳлулҳои сахт ва газмонанд одатан ба андозаи ҳиссаҳои ҳалшаванда алоқаманд аст.

Бинобар чунин маҳлулҳоро маҳлулҳои ҳақиқӣ ё худ молекулавӣ ҳам меноманд.

Дар табиати моро ихотакунанда бештар системаҳои гетерогенӣ дида мешаванд, ки онҳо аз ҳиссаҳои гуногунҷинса ташкил ёфтаанд. Масалан, дуд (ҳиссаҳои дуда дар ҳаво), оби хира (овезаҳои гил ва рег дар об), гранит (часпидаҳои як минерал дар минерали дигар). Системаҳои гетерогенӣ, ки онҳоро ҳиссаҳои нисбатан калон ташкил додаанд (аз 100 мк калонтар) - овезаҳо номида мешаванд. Вобаста ба ҳолати агрегатии овезаҳо чунин системаҳои гетерогенӣ ба суспензияҳо ва эмулсияҳо тақсим мешаванд. Системаҳои гетерогенӣ, ки аз моеъи дар моддаҳои сахт тақсим нашуда ташкил ёфтааст, суспензия меноманд. Агар дар як моеъ қатраҳои хурди дигар моеъ тақсим шуда бошанд, онгоҳ системаҳоро эмулсия меноманд.

Бояд қайд кард, ки дар байни системаҳои дисперсия ва маҳлулҳо на танҳо фарқ балки хосиятҳои умумӣ ҳам мавҷуд мебошанд. Системаҳои гетерогенӣ ва маҳлулҳо аз ду ё якчанд компонент иборат мебошанд, ки яке аз компонентҳо - бояд барзиёд бошад. Ҳар ду намудҳои системаҳо метавонанд дар ҳамаи ҳолатҳои агрегатӣ шаванд.

Аммо хосиятҳо ва қонунҳои барои маҳлулҳо дахл дошта аз сабаби фарқҳои принципалии зерин ба системаҳои гетерогенӣ дахл дошта наметавонанд.

Системаҳои гетерогенӣ камаш аз ду фаза иборат буда, компонентҳо хосиятҳои физикавӣ ва химивии худро нигоҳ

медоранд. Компонентҳои алоҳидаи системаҳои гетерогениро аз якдигар ба табаддулоти фазагӣ ҷудо намудан мумкин. Масалан, дар вақти истодани шир, равшани он дар сатҳи болоии система ҷудо мешавад (қаймоқҷудошавӣ), ё худ шаффофшавии оби гилолуд дар вақти истодан. Яъне системаҳои гетерогенӣ нисбат ба маҳлулҳо дида ноустуворанд ва бо гузаштани вақт бо фазаҳои алоҳида ҷудо мешаванд. Фазаҳои гетерогенӣ бо чашми оддӣ ҳам дидан мумкин. Фазаҳо дар системаҳои гетерогенӣ шӯи офтобро параха мекунанд. Системаҳои гетерогенӣ ношаффофанд.

Мавқеи мобайнии системаҳои гетерогенӣ ва маҳлулҳои ҳақиқиро маҳлулҳои коллоидӣ ишғол мекунанд. Маҳлулҳои коллоидӣ қисман ба маҳлулҳои ҳақиқӣ наздик мебошанд: якҷинсаанд, шаффофанд, таҳшинӣ намедиҳанд (дар зарфҳои пӯшида), ҳиссаҳои моддаҳои ҳалшуда дар таҳти микроскоп нонамоёнанд. Аммо аз маҳлулҳои ҳақиқӣ бо он фарқ мекунанд, ки дар вақти муддати дароз истоданашон, ё худ дар вақти илова намудани электролитҳо таҳшиниҳоро ҳосил мекунанд. Масалан, козеини дар шир бо намуди маҳлули коллоидӣ мавҷуд буда, худ аз худ ҷудо намешавад. Дар вақти турш кунонидани шир бошад козеин бо осонӣ таҳшин шуданаш мумкин.

Яке аз усулҳои паҳншудатарини фарқ намудани маҳлулҳои коллоидӣ аз ҳақиқӣ-ин мушоҳидаи конуси Тиндал (расми 40) мебошад.



Расми 40. Фарқ кардани маҳлулҳои коллоидӣ аз ҳақиқӣ бо ёрии «конуси Тиндал»:

- а) нури рӯшноӣ дар маҳлули ҳақиқӣ дида намешавад;  
 б) нури рӯшноӣ дар маҳлули коллоидӣ намоён аст.

Ҳамин тавр хосиятҳои маҳлулҳои ҳақиқӣ, коллоидӣ ва системаҳои гетерогенӣ ба дараҷаи дисперсионии моддан ҳалшуда вобаста аст (Ҷадвали 11)

Ҷадвали 11

**Тавсифи системаҳои дисперсия**

Хосиятҳои ҳиссаҷаҳо	Системаҳои дисперсия		
	Гетерогенӣ	Маҳлулҳои коллоидӣ	Маҳлулҳои ҳақиқӣ
Андозаи ҳиссаҷаҳо	Аз $1500 \text{ \AA} >$	Аз $1500$ то $10 \text{ \AA}$	Аз $10 \text{ \AA} <$
Хосиятҳои беруна	Гуногунҷинса, хира, бо осонӣ ба таҳшинӣ мефароянд	Якҷинса, шаффоф. Муддати дароз таҳшинӣ намедиҳанд	Якҷинса, шаффоф, дар зарфҳои пушида таҳшинӣ намедиҳанд
Фазанокӣ ҳолати агрегатӣ	Бисёрфазагӣ	Якфазагӣ моеъ, газ	Якфазагӣ сахт, моеъ, газ
Филтршавӣ	Ҳиссаҷаҳо нигоҳ дошта мешаванд	Ҳиссаҷаҳо аз қабати филтри оддӣ мегузаранд	Ҳиссаҷаҳо аз қабати ҳамагуна филтрҳои мегузаранд
Мушоҳида бо микроскоп	Овезаҳо дар зери микроскоп нонамоёнанд	Танҳо дар зери ултими микроскоп намоёнанд	Бо ҳеҷ гуна микроскоп дидан мумкин нест
Усулҳои ҳосил намудан	Майдакунӣ, омезишкунӣ	Майдакунӣ, коденсатсия, пептизатсия	Омехтакунӣ, гузариши фазагӣ
Усулҳои ҷудо намудани компонентҳо	Таҳшинкунӣ, седиментатсия, филтронидан, сентрафугакунӣ	Коагулятсия, сентрафугакунӣ, седиментатсия, намакшоркунӣ	Ҳалкунӣ, буғронкунӣ, намакшоркунӣ кристаллизатсия гудозиш, яхкунӣ

Дар охири асри XVIII қариб ҳамаи химикҳои Машҳур (Бертолле, Пруст, Далтон, Томсон, Гей-Люссак, Авогадро, Бутлеров, Менделеев) дар мувоҳидаи табиати маҳлулҳои иштирок доштанд. Ин мувоҳида асосан аз он иборат буд, ки ба

кадом гурӯҳи пайвастагиҳои химиявӣ ё омехтаҳои механикӣ тааллуқ доштани маҳлулҳоро исбот кунанд.

Дар ҳақиқат ҳам маҳлулҳо ба монанди омехтаҳои оддӣ таркиби ивазшаванда доранд, аз таносубҳои гуногуни компонентҳо ҳосил мешаванд. Энергияи банди химиявии пайвастагиҳои ҳақиқӣ 293-412 кҶ/ мол фарқ дошта, ҳамагӣ 22,2 кҶ/ мол-ро ташкил медиҳад.

Бо вучуди ин бояд қайд намуд, ки раванди ҳосилшавии маҳлулҳо бо эффектҳои гармии муайян гузафта, компонентҳо дар маҳлул хосиятҳои индивидуалии худро гум мекунанд (тағйирёбии ҳарорати ҷушиш, гудозиш, зичӣ ва дигар хосиятҳо).

Дар замони ҳозира чунин ҳисоб карда мешавад, ки гуё маҳлулҳо аз рӯи як қатор хосиятҳои худ мавқеи мобайниро ишғол мекунанд. Дар маҳлулҳои пайвастагиҳои химиявии махсус комплексҳои молекулавӣ ҳосил мешаванд (гидратҳо ё солватҳо дар маҳлулҳои моеъ, кристаллҳои омехта дар маҳлулҳои сахт, ассотсиати молекулаҳо дар маҳлулҳои газмонанд).

Дар асоси гуфтаҳои боло ба чунин хулоса омадан мумкин: маҳлулҳо гуфта системаҳои якҷинсаро, ки аз молекулаҳои моддаи ҳалкардашуда, молекулаҳои моддаи ҳалкунанда ва маҳсулоти боҳамтаъсиркунии онҳо ҳосилшуда иборат аст, меноманд. Баъзе хосиятҳои омехтаҳои механикӣ, пайвастагиҳои химиявӣ ва маҳлулҳо дар ҷадвали 12 ҷамъ оварда шудаанд.

## 8.6. МЕХАНИЗМИ ҲАЛШАВИИ МОДДАҲО

Дар об газҳо, моеъҳо ва моддаҳои сахт ҳал шуданашон мумкин. Новобаста ба ҳолати агрегатии моддаҳо се марҳилаи ҳалшавии онҳоро қайд намудан мумкин:

- кандашавии банди қувваи кашиши байни молекулаҳои моддаи ҳалшаванда аз таъсири молекулаҳои об;
- ҳосилшавии бандҳои нав дар байни молекулаҳои моддаи ҳалшуда ва молекулаҳои об;
- тақсимшавии пайвастагиҳои нав дар об.

**Тавсифи омехтаҳои механикӣ, пайвастагиҳои химиявӣ ва маҳдудҳо**

Хосият	Омехтаи механикӣ	Пайвастагиҳои химиявӣ	Маҳдудҳо
Таркиб	Тағйирёбанда	Мувофиқи қонуни доимияти таркиб	Тағйирёбанда
Таносуби компонентҳои	Таносуби гуногун	Мувофиқи қонуни эквивалентӣ, нисбатҳои каратӣ	Таносуби васеъ
Банди химиявӣ	Нест	Мустақкам, энергияи банд 70-418,7 кҶ/мол	Суст, энергияи банд 20,9-125,6 кҶ/мол
Қонуни нигоҳдорни масса ва энергия	Итоат мекунад	Итоат мекунад	Итоат мекунад
Хосиятҳои қисмҳои таркибӣ	Хосиятҳои индивидуалӣ нигоҳ дошта мешавад	Хосият индивидуалӣ нест шуда, хосиятҳои нав пайдо мешаванд	Хосиятҳои индивидуалӣ нест шуда, хосиятҳои нав ба амал меоянд.

Дар вақти ҳалшавии моддаҳои сахт об панҷараи кристаллии онҳоро вайрон мекунад: панҷараи ионӣ (барои  $\text{LiCl}$  ва  $\text{NaCl}$ ) ва молекулавӣ (барои  $\text{J}_2$  ва ғайраҳо).

Энергияе, ки барои вайрон намудани як грамм/молекула ё моли моддаи кристаллӣ ба ионҳо ва ба масофаи беохир дур намудани онҳо сарф мешавад, энергияи панҷараи кристаллӣ меноманд. Вайроншавии панҷараи кристаллии моддаҳои сахт бо фурубарии гармӣ ба амал омада, бузургии он ба заряднокии ионҳо вобаста аст ва метавонад то ба 627-4180 кҶ/мол расад. Дар вақти ҳалшавии моеъҳо ва газҳо об ассотсиатҳои онҳоро, ки дар асоси банди гидрогенӣ ва дигар қувваҳои байни молекулавӣ (дисперсионӣ, диполӣ, донорӣ- акцепторӣ ва ғайраҳо) ҳосил шудаанд, вайрон мекунад. Раванди вайроншавии сохторҳои

фазагӣ ва асотсиатҳои молекулавии моеъҳо бо фурубарии миқдори ками гармӣ ба амал меояд (42-84кҶ/мол).

Ионҳо ё молекулаҳои моддаҳо, ки аз таъсири об пайдо шудаанд бо молекула таъсири химиявӣ мерасонад. Реаксияҳои химиявиро дар ин ҳолат бо ёрии муодилаҳои паҳншуда ифода намудан мумкин нест, чунки маҳсулотҳои ҳосил кардаи ин реаксияҳо - гидратҳои таркиби доимӣ надоранд. Суръати боҳамтаъсиркунии ионҳо бо молекулаҳои об бо гармии гидрататсия хусусонида мешавад. **Гармии гидрататсия ин чунин гармиест, ки дар вақти гузаштани 1 грамм- ион ( $6,023 \cdot 10^{23}$  ион) аз вакуум ба маҳлули об сарф мешавад.** Вобаста ба ҳолати агрегатии моддаи ҳалшуда ва ҳосиятҳои химиявии он ин бузургӣ гуногун шуданаш мумкин. Масалан, гармии гидрататсия барои ионҳои металлҳо ба 251-4187 кҶ/ ион баробар аст.

Гидратҳои моддаҳои ҳалшуда дар об аз ҳисоби диффузия баробар тақсим мешаванд. Диффузия- ин ҳаракати озодонаи гидратҳои моддаи ҳалшуда дар маҳлул мебошад, яъне гуё, ки ионҳо ё молекулаҳои гидратнок аз байни молекулаҳои об мегузаранд ва бинобар ин баъд аз муддате дар тамоми маҳлул баробар тақсим мешаванд. Бояд қайд кард, ки барои диффузияи моддаи ҳалшуда гармии на он қадар бисёр сарф мешавад.

Эффекти умумии гармии ҳалшавӣ аз эффектҳои гармии зинаҳои алоҳида ба амал меояд. Масалан, дар вақти ҳалшавии  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  гармии фуру бурда шуда, дар вақти ҳалшавии  $\text{CaCl}_2$  ё  $\text{NaOH}$  гармӣ хориҷ мешавад. Яъне гармии гидрататсия барои  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  нисбат ба энергияи панҷараи кристаллиаш кам, барои  $\text{CaCl}_2$  ва  $\text{NaOH}$  бошад баръакс, гармии гидрататсия нисбат ба энергияи панҷараи кристаллӣ бисёр аст.

Ҳалшавии моеъҳо дар об ҳама вақт бо хориҷшавии гармӣ мегузарад (яъне эффекти гармии гидрататсия нисбат ба эффекти гармии кандашавии бандҳо зиёд аст).

Аз рӯи навиштаҳои боло ба мо сабабҳои ҳалшавии як модда ва ҳалнашудани моддаи дигар дар об маълум шуда мемонад. Масалан, агарчанд намакҳои  $\text{LiCl}$  ва  $\text{AgCl}$  як хел

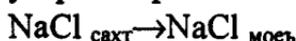
сохтор дошта бошанд, ҳам  $\text{LiCl}$  дар об нағз ҳалшаванда буда,  $\text{AgCl}$  амалан ҳал намешавад. Дар вақти муқоиса чунин ҳодисотро мебинем. Энергияи панҷараи кристаллии  $\text{LiCl}$   $83,41 \text{ кҶ/мол}$ , энергияи гидрататсияи иони  $\text{Li}^+ = 124$  ва иони  $\text{Cl}^- = 363,7 \text{ кҶ/мол}$  мебошанд. Яъне, агарчанд дар вақти вайроншавии панҷараи кристаллии  $\text{LiCl}$   $837 \text{ кҶ/г}$  гармӣ сарф шавад ҳам, дар натиҷаи гидрататсияи ионҳои ҳосилшуда, аз ин зиёд гармӣ ( $883,4 \text{ кҶ/г}$ ) хориҷ мешавад. Бинобар дар вақти ҳалшавии  $\text{LiCl}$  боз гармӣ ҳам ҷудо мешавад, ки вай ба  $883,4 - 837,4 = 46,0 \text{ кҶ/мол}$  баробар мебошад.

Энергияи панҷараи кристаллии  $\text{AgCl}$  ба  $883,4 \text{ кҶ/мол}$ , маҷмуи энергияҳои гидрататсияи ионҳои  $\text{Ag}^+$  ва  $\text{Cl}^-$  бошанд  $815,1 \text{ кҶ/г-ион}$  баробар аст. Яъне энергияи барои вайронкунии панҷараи кристаллӣ сарф шуда нисбат ба энергияи гидрататсияи ионҳои ҳосилшуда бисёр мебошад. Бинобар намаки  $\text{AgCl}$  дар об ҳалнашаванда мебошад.

Аммо дар асоси гуфтаҳои боло ба ҳамаи саволҳо ҷавоб ёфтани мумкин нест. Чунин шуданаш мумкин, ки агарчанде энергияи гидрататсия нисбат ба энергияи панҷараи кристаллӣ кам бошад ҳам, моддаи мазкур нағз ҳал мешавад. Масалан  $\text{NaCl}$ , ки энергияи панҷараи кристаллиаш бо  $778,8 \text{ кҶ/мол}$ , энергияи гидрататсия бошад бо  $775,5 \text{ кҶ/г-ион}$  баробар аст, дар об хеле хуб ҳал мешавад.

Чунин амалияро (нормувофиқиро) бо ёрии мафҳумҳои энталпия ва энтропия маҳлулҳои фаҳмонидан мумкин.

Энталпия- гармигуногироии моддаи ҳалшударо нишон медиҳад, вай ба энергияи дохилии модда вобаста аст. Масалан,  $\text{NaCl}$  энергияи дохилии худро дорад, ки вай аз ҳисоби таъсири байни ядроҳои атомҳои  $\text{Na}$  ва  $\text{Cl}$ , байни электронҳои  $\text{Na}$  ва  $\text{Cl}$ , байни электронҳои ядроҳои  $\text{Na}$ , байни электронҳои ядроҳои  $\text{Cl}$  ба амал меояд. Дар натиҷаи гузариши фазагии



энергияи дохилии модда ба шакли эффекти гармии гузариши фазагӣ хориҷ мешавад. Энергияи дохилии гидратҳои  $\text{Na}^+$  ва  $\text{Cl}^-$

зиёд мешавад, чунки барои ҳосилшавии онҳо энергия ба шакли гармӣ сарф мешавад.

**Энтропия-** дараҷаи бетартибӣ, хаотикии системаро нишон медиҳад. Чӣ қадар, ки система хаотикӣ бошад, ҳамон қадар энтропияи вай зиёд мебошад ва баръакс. Масалан молекулаҳои об ҳаракат мекунад ва энтропияи онҳо зиёд аст. Дар кристаллҳои NaCl молекулаҳо бо тартиб дар кунҷҳои панҷараи кутбӣ ҷойгиранд, бинобар энтропияи он нисбатан кам аст.

Дар вақти ҳосилшавии гидратҳои ионҳои  $\text{Na}^+$  ва  $\text{Cl}^-$  энтропияи маҳлул мавқеи мобайниро (байни оби кристалли NaCl) ишғол мекунад. Дар натиҷаи гузариши  $\text{Na}^+$  ба маҳлул ва гидрататсияи он энтропия то ба 8,4 кҶ меафзояд, барои  $\text{Cl}^-$  бошад ин бузургӣ 4,2 кҶ аст.

Ҳамин тавр дар вақти ҳалшавии NaCl дар об энергияи панҷараи кристаллӣ (778,8кҶ) маҷмуи энергияи гидрататсияи ионҳо (770,5кҶ) ва зиёдшавии энтропия 12,5кҶ камтар мешавад. Ҳамин тавр зиёдшавии энтропия ба ҳалшавии NaCl таъсири калоне мерасонад.

Умуман худ аз худ ҳалшавии модда дар об дар асоси тағйирёбии энергияи озоди система муайян карда мешавад:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

дар ин ҷо:  $\Delta G$  - тағйирёбии энергияи озод;

$\Delta H$  - камшавии энталпия (эффеки гармии ҳалшавӣ);

$T\Delta S$  – камшавӣ ё зиёдшавии энтропия.

Энталпияи модда дар вақти ба маҳлул гузаштани он кам мешавад. Энтропия бошад дар ин ҳолат метавонад кам шавад, зиёд шавад ё вобаста ба тағйирёбии ҳаҷм, сохтори модда, майдони электростатикии ионҳо ва ғайраҳо кам тағйир ёбад.

Масалан: тағйирёбии ҳаҷм

энтропия

$$\Delta V > 0$$

$$\Delta V = 0$$

$$\Delta V < 0$$

- зиёд мешавад;

- кам тағйир меёбад;

- кам мешавад.

Камшавии энтропияи моддаҳо дар об дар навбати худ ба камшавии эффекти гармии раванди ҳалшавӣ оварда, аксаран тамоман ҳалнашаванда будани моддаҳои нишон медиҳад ( $MgF_2$ ,  $BaSO_4$ ,  $CaCO_3$ ,  $AgCl$  ва ғайраҳо).

Ба таври дигар ғуем модда ҳамон вақт дар об ҳалнашаванда аст, ки агар вай энергияи калони панҷараи кристаллӣ дошта, дар об бо осонӣ гидрат ҳосил карда наметавонад.

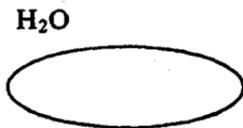
## 8.7. ҲАЛШАВИИ МОДДАҲОИ БАНДҲОИ ХИМИЯВИИ ҒУНОҒУН ДОШТА

Маълум аст, ки ҳалшавии моддаҳо-ин кандашавии бандҳо дар молекулаҳои онҳо ва ҳосилшавии бандҳои нави байни молекулаҳои модда ва молекулаҳои ҳалкунанда мебошад. Бинобар, дар ҳалшавӣ нақши асосиро хусусияти бандҳои байни атомҳои молекулаи моддаи ҳалшаванда ва хусусияти банди нави ҳосилшуда, байни моддаи ҳалшудаю ҳалкунанда мебозад.

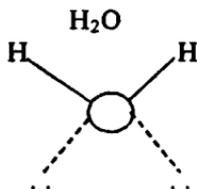
Об – ҳамчун моддаи ҳалкунанда аз ҳама бештар истифода бурда мешавад. Бинобар хосияти онро пурратар дида мебароем. Молекулаҳои озоди об (дар ҳолати газӣ) конфигуратсияи кунҷӣ дошта, моменти диполиаш ба 1,84Д баробар аст, ки вай дар натиҷаи тақсимшавии зарядҳо дар молекула ба амал меояд.

Заряди мусбат дар атомҳои гидроген ҳам оварда шуда, заряди манфӣ бошад дар орбиталҳои ҷуфти тақсимнашудаи электронҳои ба шакли тетраэдрҷойгиршудаи оксиген менамояд.

Ба таври схема молекулаи обро чунин ифода намудан мумкин:



шакли эллипсӣ



шакли кунҷӣ

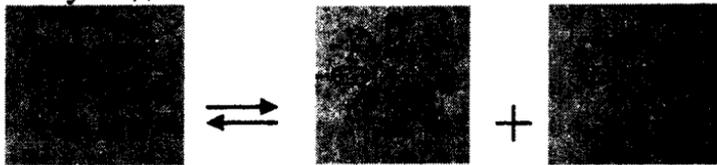
Дар шакли кунҷии об бандҳои байни атомҳои гидроген ва оксиген, инчунин ҷуфти электронҳои озоди оксиген, нишон дода шудаанд. Заряди манфӣ дар оксиген ҳамчун оварда шудааст. Дар байни молекулаҳои об қувваи байнимолекулавии калон мавҷуд аст (ҳосилшавии банди гидрогенӣ) ва бинобар ин оби моеъ бо дараҷаи баланд ассотсиатсия шудааст.

Модда ҳамон вақт дар об ҳал мешавад, ки агар қувваи кашиши байни молекулаҳои вай ва об, нисбат ба қувваи кашиши байни молекулаҳои об зиёд бошад. Бинобар ҳамин ҳалшавии моддаҳои бандҳои химиявии гуногун дошта дар об ҳар хел мешавад.

**ҲАЛШАВИИ МОДДАИ БАНДИ ИОНИ ДОШТА.** Бисёр пайвастагиҳои типии ионӣ ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{LiCl}$ ) дар ҳолати кристаллӣ аз катионҳо ва анионҳо таъкил ёфтаанд. Дар об кристаллҳои ингуна моддаҳо (масалан,  $\text{NaCl}$ ) бо молекулаҳои қутбнокӣ об ихота карда мешаванд.

Қутби мусбати диполи об (атоми гидроген) ба аниони  $\text{Cl}^-$  ва қутби манфиаш бошад (атомҳои оксиген) ба катиони  $\text{Na}^+$  кашида мешаванд,

Диполи  $\text{H}_2\text{O}$  дар атрофи аниони  $\text{Cl}^-$  бо қутбҳои мусбат, дар атрофи катиони  $\text{Na}^+$  бо қутбҳои манфӣ худ равона карда мешавад. Дар натиҷаи бо ҳам таъсиркунии ионҳои модда ба об, банди ионӣ қариб 81 маротиба суст мешавад. Қувваи кашиши диполҳои об бо ионҳо ва теладиҳии қутбҳои молекулаи об нисбат ба қувваи банди ионӣ дида хеле калон мебошад. Бинобар ин катионҳо ва анионҳо аз якдигар ҷудо шуда дар маҳлул ҳаракат мекунанд:



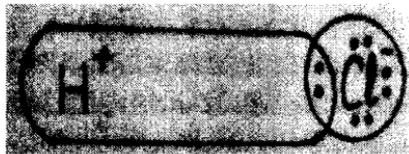
Бо чунин механизм қариб ҳамаи пайвастагиҳои ионӣ диссоциатсия мешаванд. Ҳамаи онҳо электролитҳои қавӣ буда, дар об нағз ҳал мешаванд. Энергияи гидрататсияи ионҳо дар ин

ҳолат энергияеро, ки барои ҳосилшавии ин ионҳо сарф шудааст ҷуброн мекунад.

## ҲАЛШАВИИ МОДДАҶОИ БАНДИ КОВАЛЕНТИИ ҚУТБНОК ДОШТА

Ҳалшавии хлориди гидрогени газшакро, ки дар ҳолати беобя ионҳо надорад, дида мебароем. Ҷуфти электронҳои валентӣ дар молекулаи  $\text{HCl}$  ба тарафи атоми хлор лағжидааст.

Бинобар ин заряди мусбат дар атоми гидроген ва заряди манфӣ дар атоми хлор ҷамъ оварда шудаанд.



Дар вақти дар об ҳал шудан, молекулаи  $\text{HCl}$  гидратнок мешавад. Аз таъсири молекулаҳои қутбнокӣ об қутбҳои  $\text{HCl}$  ҷудо шуда, молекулаи он дар об сохтори иониро мегирад.

Дар натиҷа молекулаи  $\text{HCl}$  ба чунин ду қисм тақсим мешавад, ки ҷуфти электронҳо танҳо ба хлор тааллуқ дошта, бинобар он ба иони манфӣ заряднок табдил меёбад. Атоми гидроген бошад, электрони худро гум карда ба иони мусбат заряднок табдил меёбад. Дар маҳлули оби  $\text{HCl}$  дар ҳақиқат ионҳои гидроксоний  $\text{H}_3\text{O}^+$  ва хлор  $\text{Cl}^-$  вучуд доранд.

Ҳамин тавр дар вақти ҳалшавии пайвастагиҳои гидрогени қутбнок, ионҳо ҳосил мешаванд. Чунин равандро, яъне табдилёбии банди қутбиро ба ионӣ ва минбаъд тақсимшавии молекуларо ба ионҳо, ионизатсия меноманд.

Барои ионизатсияи молекулаи  $\text{HCl}$  дар маҳлул, ки дар ҳолати газӣ банди ковалентӣ дорад, тағйирёбии энталпия бояд манфӣ бошад, яъне дар вақти гидрататсия бояд гармӣ хориҷ шавад.

Барои ин зарур аст, ки маҷмуи энергияи гидрататсияи катиони  $\text{H}^+$  ва аниони  $\text{Cl}^-$  аз маҷмуи энергияи ионизатсияи молекулаи  $\text{HCl}$  зиёд бошад.

Азбаски гармии гидрататсияи ионҳои  $H^+$  ва  $Cl^-$  нисбат ба гармии ионизатсияи молекулаи  $HCl$  зиёд аст, бинобар ин  $HCl$  пурра ва хуб ҳал мешавад.

Раванди ионизатсияи кислотаи атсетат ҳам ҳамин тавр мегузарад. Аммо, азбаски энталпияи ионизатсияи он ба энталпияи гидрататсияи ионҳои ҳосилшаванда наздик аст, бинобар вай дар об ба монанди  $HCl$  хуб ҳал нашуда, электролити заиф мебошад.

Дар сурати молекулаҳои мураккаб, тақсимшавии онҳо ба ионҳо дар навбати аввал аз бандҳои ионӣ ибтидо меёбад. Баъд аз он тақсимшавӣ бо он бандҳои қутбие меравад, ки агар онҳо бо осонӣ ба ионҳо тақсим шуда тавонанд. Бо бандҳои камқутб ва беқутб одатан тақсимшавӣ ба амал намеояд. Барои мисол ҳалшавии намаки турши сулфати натрий  $NaHSO_4$  – ро дида мебароем.

Дар молекулаи ин намак бандҳои ионӣ ( $M-O$ ), қутбии зиёд ( $H-O$ ) ва камқутбро ( $S-O$ ) дида мумкин.

Дар ҳолати беоби молекулаи  $NaHSO_4$  ионҳои  $Na^+$  ва  $HSO_4^-$  ро дорад. Дар маҳлули обӣ ин ионҳо гидратнок шуда, аз якдигар дур мешаванд.

Дар натиҷаи гидрататсия қутбҳои боқимондаи кислотагӣ  $HSO_4^-$  аз ҳам ҷудо мешаванд. Ҷуфти электронӣ тамоман ба боқимондаи кислотагӣ  $SO_4^{2-}$  мегузарад. Ҳамин тавр иони гидроксоний  $H_3O^+$  ва иони гидратноки  $SO_4^{2-}$  ҳосил мешавад. Банди  $S-O$  тақсим намешавад, чунки энергияи таъсири диполи об барои кандани ин банди камқутб (яъне барои гузаронидани ҷуфти электронҳо аз як атом ба дигараш) кифоягӣ намекунад.

Бинобар ин пайвастагӣҳои беқутб (банди ковалентӣ дошта) дар ҳеҷ кадом ҳалкунанда ионҳо ҳосил намекунанд. Масалан: молекулаҳои газҳои  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ , спиртҳо ( $C_2H_5OH$ ) ва дигарҳо.

### **ҲАЛШАВИИ МОДДАҲОИ БЕҚУТБИ БАНДИ КОВАЛЕНТӢ ДОШТА**

Мисоли ингуна моддаҳо спиртҳо шуда метавонанд, ки формулаи умумиашон  $C_nH_{2n+1}OH$  аст. Миқдори «n» хеле бисёр шуда

метавонад. Молекулаҳои спиртҳо бо ёрии банди гидрогени ассотсиатсия шудаанд.

Дар ҳолати беоби дар молекулаи спиртҳо банди қутбнок нест ва энергияи гидрататсияи спиртҳо, барои пайдошавии қутбҳо, нокифоя мебошад. Энергияи гидрататсия танҳо барои кандашавии банди гидрогени кифоягӣ мекунад. Механизми ҳалшавии спиртҳо чунин шуданаш мумкин. Молекулаи спиртҳо дар маҳлулҳои оби гидрататсия мешаванд, гурӯҳҳои гидроксилӣ ба қутбҳои мусбати диполи об кашида мешаванд. Қисми «карбогидридӣ» бошад нисбатан кам гидрататсия мешавад. Агар дар молекулаи спирт п нисбатан кам бошад, онгоҳ энергияи гидрататсия аз энергияи банди гидрогени зиёд хоҳад шуд, ки дар натиҷа банди гидрогени байни молекулаҳои спирт қанда мешавад ва онҳо аз якдигар қанда шуда, маҳлулҳои ҳақиқиро ҳосил мекунанд.

Агар п дар молекулаи спирт бисёр бошад, онгоҳ энергияи ассотсиатсияи молекулаҳо (банди гидрогени), аз энергияи гидрататсия зиёд аст ва бинобар ингуна спиртҳо дар об ҳалнашавандаанд.

Агар ададҳои п дар молекулаи спиртҳо мавқеи мобайнро ишғол кунанд, онгоҳ молекулаи спиртҳо дар сатҳи болои об ҷамъ мешаванд, ки дар ин ҳолат бо гурӯҳи гидроксилӣ худ ба об нигаронида шудаанд. Миллиард ҳамингуна молекулаҳои спиртҳо дар сатҳи об пардаи тунуки якмолекулагиро ҳосил мекунанд.

Моддаҳои, ки молекулаҳои онҳо дар сатҳи болои фазои дигар ҷойгиранд (масалан об- ҳаво, об-керосин) моддаҳои фаъоли сатҳи номида мешаванд. Ин ҳодисот аҳамияти амалии калон дорад. Онҳо кашиши сатҳиро хеле ҳам тағйир медиҳанд. Масалан, моҳидорон дар вақти тӯфон ба об равшан мерезанд, ки аз ин ҷо масали «Равшан тӯфонро ром кардааст» ба миён омадааст. Равшани сатҳи об имконият намедиҳад, ки тӯфон ё худ шамоли саҳт мавҷҳои обро баланд бардорад ва шамоли аз сатҳи болои об гӯё, ки лағжида меравад.

Дигар моддаҳои ғайриқутбӣ ҳам дар вақти дар об ҳал шудан ионҳоро ҳосил намекунанд. Вобаста ба энергияи гидрататсия ва энергияи гузариши фазаҳо, моддаҳои банди ковалентӣ дошта метавонанд нағз ё бад ҳал шаванд, ё худ тамоман ҳал нашаванд.

Ҷамин тавр, моҳияти раванди ҳалшавӣ дар асоси қонунҳои термодинамикӣ ва назарияи бандҳои химиявӣ нағз фаҳмонда мешавад. Об- ҳалкунандаи хосияти қутбии калон дошта буда, метавонад молекулаҳои банди химиявии ионӣ ва ковалентии қутбӣ доштаро хуб ҳал кунад. Молекулаҳои беқутбро бошад, бад ҳал мекунад. Ҷамин тавр химикҳо моҳияти масали кӯҳна «монанд дар монанд ҳал мешавад»-ро исбот намуданд.

## **8.8. ВОБАСТАГИИ ҲАЛШАВАНДАГИИ ГАЗҲО БО ҲАРОРАТ ВА ФИШОР**

Ҳолати газии модда аз ҳолатҳои моеъӣ ва сахт асосан бо он фарқ мекунад, ки дар он фактори (омили) энтропия (бетартибона ҷойгиршавии ҳиссачаҳо) хеле ҳам зиёд аст. Дар газҳо молекулаҳо метавонанд озодона дар фазо ҳаракат кунанд. Дар вақти ҳалшавии газҳо ин «бетартибӣ» камтар мешавад. Зиёд будани «бетартибӣ» ба хоричшавии газҳо аз моеъ оварда, ин хоричшавии газ дар навбати худ ба ҳалшавии онҳо ҳалал мерасонад. Бад ҳал шудани газҳоро инчунин ин хел фаҳмодан мумкин: молекулаҳои газҳо аз якдигар хеле дур ҷойгир буда бо якдигар таъсирашон суст аст. Дар вақти дар моеъи ҳалкунанда тақсим шудани молекулаҳои газ, онҳо бо якдигар наздик мешаванд, ки ин ба камшавии энергияи потенсиалии ҳолати газӣ меоварад. Ин ҳодисот сабаби он мешавад, ки дар вақти ҳалшавии газҳо гармӣ ҷудо мешавад. Бинобар ин яке аз сабабҳои асосии ҳалшавии газҳо- ин қобилияти ба ҳолати энергияи паст дошта майл кардани онҳо мебошад.

Ҳамин тавр барқароршавии ҳолати мувозинат дар вақти ҳалшавии газҳо нисбат ба ҳалшавии моеъҳо ва моддаҳои сахт дида хусусияти баръаксро дорад.

Баландшавии ҳарорат ҳама вақт «бетартиби»-ро зиёд мекунад. Ин он маъноро дорад, ки бо баландшавии ҳарорат ҳалшавии газҳо кам мешавад (чунки «бетартибӣ» дар ҳолати газӣ нисбат ба моеъгӣ дида бисёр аст). Ҳамин тавр бо баландшудани ҳарорат ҳаракати молекулаҳои гази ҳалшуда то дараҷае меафзояд, ки онҳо аз қувваи кашиши молекулаҳои моддаи ҳалкунанда зиёд буда, бинобар аз вай берун мешаванд.

Ҳалшавандагии газҳо бо баландшавии фишор зиёд мешавад. «Бетартибӣ»-и газҳо дар зери фишор нисбат ба маҳлул дида кам аст, бинобар вай ҳаракат мекунад, ки ба маҳлул гузарад.

Газҳои камҳалшавандаи  $O_2$ ,  $N_2$  дар маҳлул таркиби молекулавии худро тағйир намендиханд, кам гидрататсия мешаванд, ба дигар реаксияҳо ҳам дохил намешаванд. Барои ингуна газҳо чунин алоқамандӣ вучуд дорад: **миқдори массаи газ, ки дар ҳаҷми додашудаи моеъ ҳал мешавад, ба фишоре, ки дар сатҳи он аст, вобаста мебошад (қонуни Генри).**

Агар дар сатҳи моеъ омехтаи газҳо мавҷуд бошад, онгоҳ ҳар як газ мутаносибан бо фишори парсиалии худ ҳал мешавад.

Тавсифи миқдории ҳалшавандагии газҳо-ин коэффитсиенти абсорбсия мебошад. Коэффитсиенти абсорбсия миқдори ҳаҷми газ мебошад, ки дар шароити муқаррарӣ дар як ҳаҷм моеъ, дар вақти фишори парсиалии газ ба  $1,01 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup> буда, ҳал мешавад.

Ҳамин тавр ҳамаи газҳо дар вақти дар моеъ ҳал шуданашон гармӣ хориҷ мекунанд, ки ин натиҷаи бо бузургии калон тағйир ёфтани фактори (омили) «бетартибӣ» мебошад. Дар амалия ин омилҳоро васеъ истифода мебаранд. Масалан, барои он, ки моеъро аз газҳои камҳалшаванда ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ) озод карда шавад, зарур аст, ки он бо дараҷаи муайян гарм карда шавад. Ҳодисоти дар зери фишор ҳалшавии газҳо дар ҳаёти ҳаррӯза ҳам истифода бурдан мумкин. Масалан, гази  $CO_2$ -ро дар

обҳои минералӣ дар зери фишор ҳал мекунад. Бинобар агар мо зарфҳои оби минералӣ доштара дар шароити муқарарӣ кушоем, ҳалшавандагии  $\text{CO}_2$  кам мешавад ва он аз зарф берун мешавад.

## 8.9. ЭФФЕКТҲОИ ГАРМИИ ҲАЛШАВИ

Эффекти умумии гармии ҳалшавӣ аз эффектҳои гармии зинаҳои алоҳидаи раванди ҳалшавӣ ташкил меёбад:

$$Q = Q_r - (Q_k + Q_d)$$

Дар ин ҷо:  $Q$  – эффекти умумии гармии ҳалшавӣ;

$Q_r$  – эффекти гармии гидрататсия;

$Q_k$  – эффект гармии вайроншавии панҷараи кристаллии моддаи сахт ё худ сохтори фазагии моеъ;

$Q_d$  – эффекти гармии диффузияи моддаи ҳалшуда дар байни молекулаҳо.

Эффекти гармии диффузия одатан хеле ҳам кам аст, бинобар онро аксар ба ҳисоб намегиранд. Бинобар эффекти гармии ҳалшавӣ асосан ба фарқи гармии гидрататсия (солвататсия) ва гармии вайроншавии сохтори фазагӣ алоқаманд аст.

Барои аксар моддаҳои сахт гармии гидрататсия нисбат ба гармии барои вайроншавии панҷараи кристаллӣ сарф мешуда зиёд аст, бинобар раванди ҳалшавӣ- экзотермист (гармӣ ҷудо мешавад). Барои моеъҳои  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$  гармии реаксияи химиявии боҳамтаъсиркунӣ бо об нисбат ба гармии вайронкунии фазаи сохторӣ зиёд аст. Бинобар ҳалшавии онҳо ҳам бо хоричшавии гармӣ мегузарад.

Мувофиқи қонунҳои термодинамикӣ эффекти гармии ҳалшавӣ аз гармии нигоҳдории (энталпия) маҳсулотҳои аввала ва охири вобаста аст. Энталпияи маҳсулотҳои аввалин ва охири аз рӯи энергияи дохилии модда, яъне ҳолатҳо ва усулҳои ҳосил кардани модда, муайян карда мешавад.

Тавсифҳои термодинамикии модда ва ҳалшавии онро доништа мо метавонем натавонем эффектҳои гармии ҳалшавӣ, балки бисёр дигар реаксияҳои химиявиро ҳам пешгӯӣ намоем.

Донистани эффекти гармии ҳалшавӣ ғайр аз ин барои он зарур аст, ки равандҳои ҳалшавӣ ё реаксияҳои химиявии дигарро бо фаҳмиш ва беҳатар гузаронем, мавод ё зарфҳои заруриро истифода барем.

Донистани эффектҳои гармӣ барои дуруст ҳисоб намудани балансҳои гармӣ бисёр равандҳои технологӣ дар саноатҳои гуногун хеле ҳам зарур аст. Масалан, дар техникаи ракетаи (мушаксозӣ) дар вақти аз сӯзишвории карбогидриди ба гидроген гузаштан зарур аст, ки масъалаи ҳимояи деворҳои камераи сӯзиш ҳал карда шавад, чунки реаксияи сӯзиши гидроген нисбат ба реаксияи сӯзиши карбогидрид экзотермӣ мебошад, яъне бо хоричшавии гармӣ бисёртар мегузарад.

Донистан ва муайян намудани эффектҳои гармӣ бевосита барои дуруст фаҳмидан ва идора намудани реаксияҳои химиявӣ, яъне бевосита барои илм ҳам зарур аст.

Эффекти гармӣ дар фишори доимӣ ё дар ҳаҷми доимӣ гуногун мебошад. Азбаски, одатан аксарияти равандҳо дар шароити муқаррарӣ мегузарад (реаксияҳои химиявӣ дар лаборатория, сӯзиши горелкаи газӣ), бинобар, дар ҷадвалҳои одатан бузургии эффектҳои гармӣ ҳалшавӣ дар шароити муқаррарӣ оварда мешаванд.

## 8.10. ГИДРАТАТСИЯ

Мувофиқи таълимоти назарияи диссотсиатсияи электролитӣ сабаби асосии ҳалшавии моддаҳо ва диссотсиатсияшавии онҳо- гидрататсия мебошад. Ҳар як ион ё молекула дар маҳлул бо молекулаи об дар иҳота буда, қабатҳои якумин ва дуҷумини гидрататсиониро ҳосил мекунад. Барои моҳияти ин равандро фаҳмидан бояд ба як қатор саволҳо: барои чӣ об ҳалкунандаи универсалист?, барои чӣ вай дар атрофи молекулаҳои нейтрал, ионҳо, молекулаҳои қутбнок ва беқутбнок қобилияти комбинатсияшавӣ дорад?, ҷавоб ёфтаи лозим. Фарқи байни гидратҳои ҳосилшударо дониста зарур аст. Ба ҳамаи ин

саволҳо танҳо аз позитсияи (мавқеи) назарияи банди химиявӣ ҷавоб ёфта мумкин.

Пеш аз ин қайд шуда буд, ки молекулаи об орбиталҳои гибридии  $SP^3$  – ро дорад. Ду ҷуфти электронҳо дар  $\delta$  - орбиталҳои молекулавии об ҷойгир аст ва аз  $S$  – электронҳои гидроген ва оксиген ташкил ёфааст. Ду ҷуфти электронҳои дигар, ки аз  $P$ - электронҳои оксиген ташкил ёфааст, дар  $\pi$  - орбиталҳои молекулавӣ ҷойгир шудаанд. Дар  $\pi$  - орбиталҳо як ячейкаи (ҳучрачаи) квантӣ ҳолӣ мебошад. Бинобар молекулаи об метавонад  $\delta$ - донор ва  $\pi$  - аксептори электронҳо буда, дар атрофи катионҳо ва анионҳо координатсия шавад. Катионҳо, ки электронҳои озод доранд метавонанд ба  $\pi$  орбиталҳои молекулаи об таъсир кунанд.

Дар сурати катионҳои  $d$  элементҳо, об ба  $d$  электронҳои озод таъсир карда, пардаи гидратии якуминии аквакомплексро ҳосил мекунад.

Масалан, аквакомплекси титан (III) бо ин схема ҳосил шуданаш мумкин:



Титани севалента  $1d$ - электрон ва  $4d$  ячейкаҳои (ҳучрачаҳои) озод дорад. Бинобар ин оксигени об электронҳои озоди титанро дар  $P$ - ячейкаҳои (ҳучрачаҳои) квантӣ қабул мекунад. Мавҷудияти  $\pi$  - банд ба ҳосилшавии пардаи гидратии якумин, ки аз шаш молекулаи об иборат аст, меоварад.

Анионҳои ( $X^-$ ) дар маҳлул бо ҷуфти электронҳои атомҳои гидрогени об дар  $\delta$  - орбитал таъсир мекунад. Масалан, анионҳои  $Cl^-$   $P$ - орбиталҳои аз электронҳо пур дошта, бинобар ба  $\delta$ -орбиталҳои молекулаи об таъсир мерасонанд. Дар ин сурат об нақши  $\delta$ - донорро мебозад.

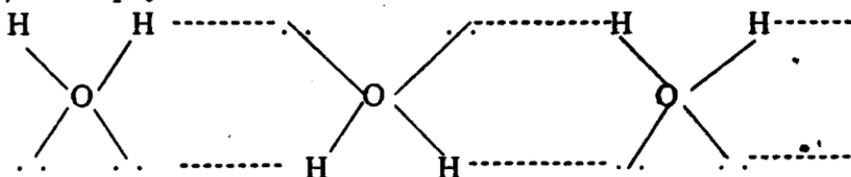
Адади молекулаҳои об, ки катион ё анионро иҳота кардаанд, доимӣ нест ва ба бисёр омилҳо вобаста мебошад (заряд ва радиуси ион, консентратсияи маҳлул, ҳарорат ва ғайраҳо).

Бешубҳа, чӣ қадар, ки заряд калон ва радиус хурд бошад, ҳамон қадар миқдори бисёри молекулаҳои об ба реаксияи донорӣ- акцепторӣ дохил мешавад. Чӣ қадар, ки консентратсияи маҳлул зиёд буда, ҳарорат баланд бошад, ҳамон қадар молекулаҳои об серҳаракат буда, миқдори ками он дар пардаи аввалии гидратии аквакомплекс нигоҳ дошта мешавад.

Устувории пардаи гидратии ион бо энергияи гидрататсия муайян карда мешавад (энергияи гидрататсия – ин маҷмӯи гармӣ ва энтропияи гидрататсия мебошад). Умуман раванди гидрататсия аз ҷиҳати энергетикӣ қулай мебошад, чунки ҳама вақт бо хоричшавии энергия мегузарад. Чӣ қадар, ки энергияи гидрататсия калон бошад, ҳамон қадар пардаи гидрататсионӣ устувор аст. Масалан, катиони титан (III) 6 молекулаи обро қабул карда гексааквакомплекс  $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$  - ро ҳосил мекунад. Устувории ин комплекс ба он вобаста аст, ки дар вақти ҳосилшавии вай энергияи калон – 4269 кҶ/мол берун мешавад.

Ҳамин тавр, молекулаҳои қутбнокӣ об асосан аз тарафи бисёр ионҳо аз ҳисоби хосияти донорӣ – акцепторӣ он ё худ аз ҳисоби қобилияти кашиши электростатӣ координатсия мешаванд.

Пардаи гидратии дуҷумин дар асоси бандҳои гидрогении молекулаҳои об ба амал меояд. Банди гидрогенӣ- ин боҳамаъсиркуии байни диполи мебошад:



Гидрататсияи молекулаҳои бетараф, қутбнок ва бекутб аз гидрататсияи ионҳо фарқ мекунад. Молекулаҳои бетараф (нейтрал) ба ду гурӯҳ: ионнокшаванда (HCl), ионнокнашаванда ( $C_2H_5OH$ ) тақсим шуданашон мумкин.

Гидрататсияи молекулаҳои нейтралӣ ионнокшаванда (HCl) аз ҳисоби қувваи электростатикӣ ба амал меояд.

Гидрататсияи молекулаҳои нейтралӣ ионнокнашаванда ( $C_2H_5OH$ ) аз ҳисоби қувваи кашиши электростатикӣ ба амал омада наметавонад. Масалан, ҳалшавии спиртҳо бо хоричшавии гармӣ ва хурдшавии ҳаҷм мегузарад, яъне гидратҳо ҳосил мешаванд. Аммо спирт дар об ионҳо ҳосил намекунад (ионизатсия намешавад). Мувофиқи таълимотҳои ҳозиразамон ҳосилшавии гидратҳои спиртҳо аз ҳисоби бандҳои гидрогенӣ мебошад.

Банди гидрогенӣ дар ин сурат метавонад аз ҳисоби гидрогенӣ обу оксиген ё гидрогенӣ спирту оксигени об ба амал ояд. Адади молекулаҳои координатсияшудаи об ба андозаи молекулаи спиртҳо, концентратсия ва ҳарорати маҳлул, бузургии занҷири карбонии спирт вобаста мебошад.

Бояд қайд кард, ки банди гидрогенӣ дар равандҳои ҳалшавӣ нақши калон мебозад, чунки вай яке аз муайянкунаандаҳои асосии ҳалшавандагии моддаҳои намудҳои гуногуни банди химиявӣ дошта мебошад.

Ҳамин тавр, ба чунин ҳулоса омадан мумкин, ки гидрататсияи якумини молекулаҳои нейтралӣ қутбнок ва бекутб аз ҳисоби банди гидрогенӣ ва қувваи кашиши электростатикӣ ба амал омаданаш мумкин.

Гидратҳои аз ҳама устувортарин ҳамоно вақте ҳосил мешаванд, ки агар об ҳамчун  $\delta$ -донор ё  $\pi$ -аксептор бошад, ё аз ҳисоби қувваи кашиши электростатикӣ ҳосил шуда бошанд. Дар ин сурат молекулаҳои координатсияшудаи об кристаллогидратҳоро ҳосил мекунанд. Об ҳамчун лиганди қуввааш миёна таъсир намуда, тақсиршавии калони энергияи металлро бо майдони кристаллии худ ба амал намеорад. Аммо бояд қайд кард, ки  $\pi$ -банди об, бо молекулаҳои оби координатсияшуда, бо ёрии спектрҳои фурӯбарӣ, инфра-сурх ё ултрабунафш муайян шуданаш мумкин.

Андозаи молекулаҳои моддаи ҳалшуда на танҳо ба адади молекулаҳои оби координатсияшуда, балки ба дараҷаи кандашавии банди байни молекулаҳои об ҳам таъсир мерасонад.

Молекулаҳои аз ҳад калон аз қабати зич ҷойгиршудаи молекулаҳои об гузашта наметавонанд.

## 8.11. КРИСТАЛЛОГИДРАТҲО

Баъзе моддаҳои ҳалқардашуда бо молекулаҳои оби онҳоро ихотақунанда мустақкам пайваст мебошанд. Ин молекулаҳои об аксаран дар вақти ҷудо намудани кристаллҳои моддаи ҳалқардашуда бо он ҳамроҳ мемонанд, ки ингуна моддаҳоро кристаллогидратҳо меноманд. Масалан:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ва ғайраҳо.

Обе, ки ба таркиби кристаллогидратҳо дохил шуда, дар ҳосилшавии онҳо иштирок мекунад, оби кристаллизатсионӣ номида мешавад. Адади молекулаҳои оби кристаллизатсионӣ, ки ба як молекула моддаи рост меояд, одатан дар вақти навиштани формулаи кристаллогидрат нишон дода мешавад.

Кристаллогидрат моҳиятан пайвастагии комплекси мебошад. Масалан, кристаллогидрати бунафши  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  дар ҳақиқат пайвастагии комплекси  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  мебошад, ки дар сфераи дохилии он (дар атрофи иони  $\text{Cr}^{3+}$ ) 6 молекулаи об нигоҳ дошта мешавад. Баъзан як қисми оби кристаллизатсионӣ метавонад дар сфераи берунии комплекс ҷойгир шавад. Масалан, кристаллогидрати сульфати мис  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  дар сфераи беруниаш як молекула об дорад:  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Ҳосилшавии кристаллогидратҳо ба табиати моддаи ҳалқардашуда вобаста мебошад. Маълум аст, ки молекулаҳои об метавонанд ба таври электростатикӣ, ҳамчун молекулаҳои қутбнок ва ҳамчун донори электронҳо, таъсир намоянд.

Мумкин аст, ки дар навбати аввал ҳиссаҳои моддаи ҳалқардашуда ва об бо якдигар аз рӯи қонуни кашиши электростатикӣ таъсир намоянд. Агар минбаъд наздикшавӣ мумкин набошад (аз сабаби теладиҳии зарядҳои якхела), онҳо молекулаҳои об дар сфераи берунии моддаи ҳалқардашуда мемонанд. Агар ҳиссаҳои моддаҳои ҳалқардашуда ва об ба якдигар бо қадри лозимӣ наздик шуда тавонанд, онҳо бандҳои

ковалентӣ ва донорӣ- аксепторӣ ҳосил шуданашон мумкин. Баъзе кристаллогидратҳо дар ҳаво метавонанд қисман ё пурра оби кристаллизатсионии худро гум кунанд ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), баъзеи дигарашон дар вақти гарм намудан оби кристаллизатсиониро гум мекунанд ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), кристаллогидратҳо дар ин сурат вайрон шуда, бо хока табдил меёбанд.

Сабаби гумшавии оби кристаллизатсионӣ аз сустии банд химиявӣ набуда, бештар ба фишори буғҳои об вобаста аст. Агар фишори буғҳои оби кристаллогидрат нисбат ба фишори парсиалии буғҳои оби ҳаво зиёд бошад, онгоҳ кристаллогидратҳо гудохта мешаванд. Масалан, кристаллогидрати  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  фишори буғҳояш ба 19 мм сут.сим баробар буда, бодхӯрда мешавад. Фишори буғҳои кристаллогидрати  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ба 12 мм сут.сим баробар аст, бинобар вай бодхӯрда намешавад.

Агар  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - ро дар ҳолати сахтиаш оромона гарм намоем, мо метавонем кристаллогидратҳои  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ва  $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - ро ҳосил кунем. Дар ин сурат шакли кристаллҳо ҳам тағйир меёбад.

Дар таркиби моддаҳо ғайр аз оби кристаллизатсионӣ инчунин дигар намудҳои об ҳам шуданаш мумкин. Яке аз ин намудҳои об - оби гигроскопӣ мебошад.

**Оби гигроскопӣ чунин обест, ки аз тарафи маводҳои ковок ҷабида мешавад.** Масалан, аз тарафи намаки ош ҷабида шудани намай (об). Агар намаки ошӣи намнокро хушк намоем, таркиби он дигар намешавад, шакли кристаллҳо ҳам бетағйир мемонад. Аз рӯи ҳамин хосияти худ оби гигроскопӣ аз оби кристаллизатсионӣ фарқ мекунад.

Аз хосиятҳои химиявӣ об мо медонем, ки вай метавонад ба таркиби моддаҳо на танҳо ба шакли молекула, балки ба шакли атомҳои онро тартиб диҳанда ҳам ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ) дохил шавад. Ингуна обро- оби бо таври химиявӣ пайваست шуда меноманд. Дар вақти аз таркиби моддаҳо дур намудани ингуна об, таркиби моддаҳо бешубҳа тағйир меёбад ва аз як модда моддаи дигар

ҳосил шуданаш мумкин. Масалан, дар вақти шукуфонидани оҳак молекулаҳои он ба  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  табдил ёфта, дар вақти гарм кардани  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  бошад оҳаки шукуфта ба оксиди калсий  $\text{CaO}$  табдил меёбад.

Ҳамин тавр, бояд қайд намуд, ки дар байни обҳои кристаллизатсионӣ, гигроскопӣ ва химиявӣ пайваस्तшуда, фарқи принципиалӣ мавҷуд аст. Обҳои кристаллизатсионӣ ва координатсионӣ аз якдигар фарқ намекунанд, чунки чӣ тавре, ки мо қайд намудем ҳамаи кристаллогидратҳо пайвастагиҳои координатсионӣ (комплексӣ) мебошанд.

Одатан оби кристаллизатсиониро ба молекулаҳои тааллуқдор мекунанд, ки агар ба панҷараи кристалии модда ё ба банди гидрогенӣ сушт бо анион, ё худ бо ёри банди координатсионӣ сушт бо металлҳо пайванд бошад. Мафҳуми оби координатсионӣ ба молекулаҳои оби сфераи координатсионии якҷум тааллуқ дорад.

Дар вақтҳои охир спектроскопияи инфрасурхӣ имконият дод, ки оби кристаллизатсиониро аз аква-комплексҳо, вобаста ба лаппишҳои валентиашон, фарқ карда шавад. Масалан; муайян карда шудааст, ки оби кристаллизатсионӣ дар асоси лаппишҳои валентии антисимметрии ва симметрии ба  $\text{O}-\text{H}$  дахл дошта, лаппишҳои деформатсионии ба  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$  дахл дошта ва лаппишҳои натиҷавии ба  $\text{H}_2\text{O}$  дахл доштаре, ки дар панҷараи кристаллӣ ҷойгир аст дорад, муайян шуданаш мумкин. Бинобар спектри фурубарии оби кристаллизатсионӣ дар миқёси  $3550-3200 \text{ см}^{-1}$  шуданаш мумкин. Файр аз ин оби координатсиониро аз рӯи лаппишҳои чархзанӣ ва маятникӣ, ки координатсияи онро бо металл нишон медиҳад, аз рӯи спектри фурубарӣ, дар миқёси (ҳудуди)  $600-900 \text{ см}^{-1}$ , муайян кардан мумкин.

## 8.12. КОНСЕНТРАТСИЯИ МАҲЛУЛҲО ВА УСУЛҲОИ ИФОДА НАМУДАНИ ОН

Ҳалшавандагӣ- ин хосияти як моддаест, ки дар моддаи дигар ҳал мешавад. Дар вақти ба ин хосияти моддаҳо баҳои

сифатӣ додан, моддаҳои хуб, бад ва маҳдуд ҳалшавандаро фарқ мекунад. Модда он вақт дар об ҳалшаванда ҳисоб карда мешавад, ки агар дар шароити муқаррарӣ аз 0,1 мол-л зиёд ҳал шавад. Моддаҳои тамоман (мутлақ) ҳалнашаванда шуда наметавонанд.

Бояд қайд кард, ки тасаввуроти сифатӣ дар бораи ҳалшавандагии моддаҳо нопурра мебошад, чунки бо тағйирёбии ҳарорат ва фишор ҳалшавандагӣ ҳам тағйир меёбад. Барои тавсифи миқдории ҳалшавандагӣ коэффитсиенти ҳалшавандагиро истифода мебаранд. Коэффитсиенти ҳалшавандагӣ- ин адади граммҳои моддаи ҳалкардашуда дар 100 граммҳои ҳалкунанда дар ҳарорати додашуда мебошад.

Масалан, дар вақти ҳалшавии  $J_2$  дар спирти этил, молекулаҳои нейтралӣ ёд аз панҷараи кристаллӣ ба фазаи равшани спирт мегузаранд. Баъд аз концентратсияи муайяно гирифтани  $J_2(0,84M J_2 /л C_2 H_5OH)$ , ки ба коэффитсиенти ҳалшавандагии ёд баробар аст, молекулаҳои боқимондаи ёд аз маҳлул ба сатҳи кристаллӣ баргашта, ба он дохил мешаванд. Концентратсияи ёд дар спирт дар ҳолати мувозинати ҳалшави-таҳшиншавӣ, бузургии доимӣ буда (дар ҳарорати додашуда), маҳлул бошад - сер аст.

Маҳлули сер чунин маҳлуло меноманд, ки дар он моддаи ҳалнашуда (дар таҳшинӣ) бо моддаи ҳалшуда дар мувозинат аст. Дар маҳлули сер молекулаҳои ёд хосияти худро кам тағйир медиҳанд. Молекулаҳои қабатҳои болои кристаллҳо ба маҳлул гузашта, молекулаҳои ёди дар маҳлул буда, ба сатҳи кристаллҳо мегузаранд.

Ҳамин тавр дар маҳлули сер ду раванди муқобили якдигар ҷой дорад: зиёд шудани миқдори моддаи ҳалшуда дар маҳлул аз ҳисоби ҳалшавӣ ва камшавии он аз ҳисоби таҳшиншавӣ. Вақте, ки концентратсияи моддаи ҳалшуда бузургии муайяно гирад, дар ин ҳолат суръати равандҳои таҳшиншавӣ ва ҳалшавӣ як хел мешавад, дар ин ҳолат дар система дигар тағйирот ба амал намеояд.

Агарчанде равандҳои ҳалшавӣ ва таҳшиншавӣ бе танафус гузаранд ҳам, мувозинати байни онҳо вайрон намешавад ва миқдори ёди ҳалшуда дар воҳиди ҳаҷм доимӣ мебошад.

Ба ҳолати мувозинат ҳарорат ва миқдори об таъсир карданаш мумкин. Нисбати миқдори моддаи ҳалкардашуда ба миқдори моддаи таҳшиншуда дар ҳарорати тағйирёбанда бузургии доимист, ки онро дар ҳолати умумӣ константаи мувозинат меноманд.

Дар мисоли гирифташуда миқдори ёдро дар маҳлули спирти этил бо  $[J_2]$  ва миқдори онро дар кристалл бо  $J_2$  ифода менамоем.

Дар ин ҳолат константаи мувозинат ё ҳалшавадагӣ дар ҳарорати доимӣ ( $K_1$ ) чунин шуданаш мумкин:

$$K_1 = \frac{[J_2]}{J_2}.$$

Моддаҳои хубҳалшаванда константаи мувозинати калонро ( $10^{-15}$ - $10^{-2}$ ) доранд. Дар ин ҳолат мувозинати раванди ҳалшавӣ дар сурати миқдори бисёр ҳалшудаи модда ба амал меояд.

Константаи мувозинатиро дар вақти ҳалшавӣ бо ёрии суръати ду раванди муқобил ҳам ифода намудан мумкин: суръати раванди ҳалшавӣ ва суръати раванди таҳшиншавӣ. Дар ҳолати мувозинат ин бузургиҳо байни якдигар баробар мешаванд.

Суръати таҳшиншавӣ ва ҳалшавӣ бо ёрии константаи суръати ҳалшавӣ ва константаи суръати таҳшиншавӣ ва концентратсияи маҳсулоти реаксия ифода шуданашон мумкин:

$$K_{\text{таҳшиншавӣ}} [J_2] = K_{\text{ҳалшавӣ}}, \text{ ё худ } \frac{K_{\text{таҳш.}}}{K_{\text{ҳалш.}}} = \frac{[J_2]}{J_2}.$$

Аз ин ҷо константаи мувозинат:

$$K = \frac{K_{\text{таҳш.}}}{K_{\text{ҳалш.}}} = \frac{[J_2] \text{ дар маҳлул}}{J_2 \text{ дар таҳшинӣ}}.$$

Маҳлулҳое, ки дар онҳо миқдори моддаи ҳалкардашуда нисбат ба коэффитсиенти ҳалшавандагӣ кам аст- маҳлулҳои

носер (дар ҳарорати додашуда) номида мешаванд. Агар бо маҳлули носер моддаи ҳалшаванда илова карда шавад, вай то сершавии маҳлул ҳал хоҳад шуд. Дар маҳлулҳои носер дар байни маҳлул ва таҳшинӣ мувозинат шуда наметавонад.

Маҳлулҳои, ки дар онҳо миқдори моддаи ҳалшуда нисбат ба миқдори барои сершавии маҳлул зарур зиёд аст (дар ҳарорати додашуда), маҳлулҳои аз ҳад сер номида мешаванд.

Маҳлулҳои аз ҳад сер- ин ҳам системаи номувозинатӣ мебошад. Агар дар системаи маҳлули носер мувозинат ба тарафи ҳалшавӣ лағжад, онгоҳ дар системаи маҳлули аз ҳад сер мувозинат ба тарафи ҳосилшавии таҳшинӣ мелағжад.

Бинобар гуфтан мумкин аст, ки ҳалшавии модда метавонад озодона ба тарафи барпо намудани мувозинат лағжад. Чӣ тавре, ки маълум аст, яке аз омилҳои муайянкунандаи мувозинат энергия мебошад. Бинобар ин одатан мувозинат ба тарафи ҳосилшавии моддае мелағжад, ки агар энергияи камтарин дошта бошад.

Масъалаи муайян намудани ҳолати мувозинат яке аз масъалаҳои асосӣ мебошад. Барои ин зарур аст, ки маҳлул бо таҳшинӣ як муддати муайян нигоҳ дошта шавад. Баъд аз он ин ҳолатро вайрон накарда, концентратсияи моддаи ҳалшударо дар маҳлул муайян мекунад. Чунин амалро баъд аз чанд вақт такрор мекунад. Агар ҳар ду ҳолат концентратсияи моддаи ҳалшуда дар маҳлул як хел бошад, ин нишондиҳандаи ҳолати мувозинатии система мебошад.

Дар замони ҳозира методҳои аниқтари муайян намудани ҳолати мувозинат истифода бурда мешавад. Ин методҳо: ивазкунии ионӣ, потенсиометрия, кондуктометрия ва ғайраҳо мебошанд. Методҳои навтарини тадқиқот нишон доданд, ки дар об чунин металлҳо: нуқра, тилло ва дигар металлҳои, ки то ҳоло ҳалнашаванда ҳисоб мешуданд, ҳал мешаванд.

Концентратсияҳои гуногуни маҳлулҳо дар амалия васеъ истифода бурда мешаванд. Масалан, маҳлулҳои аз ҳад сер барои тоза намудани намакҳо бо усули аз нав кристаллонидан. Агар маҳлули аз ҳад сер тез хунук карда шавад, кристаллҳои хурд ва

баръакс, бо оҳистагӣ хунук карда шавад- кристаллҳои калон ҳосил мешаванд.

Маҳлулҳои аз ҳад серро инчунин барои муайян намудани ҳалшавандагӣ ҳам истифода мебаранд. Дар ҳарорати додашуда аз системаи маҳлули аз ҳад сер дошта, таҳшиниро бо ёрии филтр намудан, ҷудо мекунанд. Дар маҳлул, баъд аз ҷудо намудани намаки саҳт, концентратсияи моддаи ҳалкардашуда дар мувозинат мебошад. Концентратсияи мувозинати моддаи ҳалкардашударо бо таври эксперименталӣ бо таҳлили вазнӣ ё ҳаҷмӣ муайян мекунанд.

Масалан, барои муайян намудани ҳалшавандагии  $\text{AgBrO}_3$  дар навбати аввал маҳлулро ба ин намак сер мекунанд. Баъд аз филтр намудани таҳшинӣ концентратсияи  $\text{Ag}$ -ро дар натиҷаи титронидан бо тиосуанати калий муайян мекунанд.

Одатан ҳалшавандагии моддаҳои саҳт бо баландшавии ҳарорат меафзояд. Алоқамандии ҳалшавандагӣ бо ҳарорат бо коэффитсиенти ҳарорати ҳалшавандагӣ хусусонида мешавад, ки ин ба принципи Ле-Шателе мувофиқ аст. Агар мо системаро гарм намоем дар он равандҳои мегузаранд, ҷи фурубарии гармиро ба амал меоранд. Маълум аст, ки бо фуру бурда шудани гармӣ вайроншавии панҷараи кристаллии моддаи саҳт ба амал меояд. Бинобар ин дар вақти баландшавии ҳарорат аз  $20^\circ$  то  $100^\circ\text{C}$  ҳалшавандагии  $\text{NaCl}$  аз 36,0 то 39,8г/100г ҳалкунанда ва  $\text{KNO}_3$  аз 31,6 то 246 г/100г ҳалкунанда меафзояд.

Пеш аз ин нишон дода шуда буд, ки ҳалшавандагии моддаҳо аз ду омил вобастаанд, ки онҳо ҳолати мувозинати системаро муайян мекунанд: ҳаракати система барои гирифтани энергияи камтарин ва «бетартибигии» калонтарин. Баландшавии ҳарорат дараҷаи бетартибӣ (энтропия)-ро зиёд мекунад. Зиёдшавии энтропия- ин гузаштани молекулаҳои моддаҳои саҳт ба маҳлул мебошад.

Азбаски система барои соҳиб шудани энергияи озоди калон (G) ҳаракат мекунад, бинобар энталпия, яъне эффекти гармии ҳалшавӣ, меафзояд. Ин он маъноро дорад, ки вайроншавии панҷараи кристаллии модда зиёд мешавад. Аммо

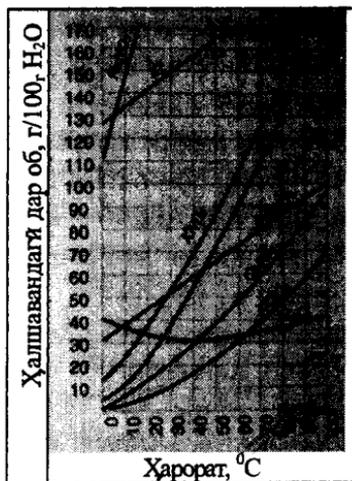
дар ин ҳолат на ҳама чиз фаҳмо аст. Масалан, ҳалшавандагии  $\text{NaCl}$  бо баландшавии ҳарорат кам зиёд шавад, ҳалшавандагии  $\text{KNO}_3$  дар ҳамин ҳолат қариб 7 маротиба меафзояд. Мумкин бузургиҳои гуногуни коэффитсиенти ҳароратии ҳалшавӣ ба алоқамандии энталпия аз ҳарорати ҳалшавии  $\text{NaCl}$  ва  $\text{KNO}_3$  вобаста бошад. Энталпияи ҳалшавӣ дар навбати худ ба хосиятҳои физикавии  $\text{NaCl}$  ва  $\text{KNO}_3$ , яъне гармигунҷоиши онҳо, вобаста аст.

Зиёдшавии энталпия дар вақти ҳалшавии  $\text{NaCl}$  нисбат ба зиёдшавии энталпия дар вақти ҳалшавии  $\text{KNO}_3$  нисбатан кам аст, бинобар зиёдшавии ҳалшавандагӣ ҳам кам мебошад.

Баъзан чунин шуданаш мумкин, ки бо баландшавии ҳарорат ҳалшавандагии модда кам мешавад. Масалан  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  дар вақти гарм кардан ба таҳшинӣ фаромада, дар вақти хунук намудан ҳал мешавад. Ин ҳодиса аз он сабаб рӯй медиҳад, ки дар вақти гарм намудан дар баробари зиёдшавии вайроншавии панҷараи кристаллӣ, инчунин камшавии дараҷаи гидрататсияи моддаи ҳалшуда дида мешавад.

Аз ин ҷо бо чунин ҳулоса омадан мумкин, ки энергияи панҷараи кристаллӣ нисбат ба энергияи гидрататсия хеле калон аст. Бинобар ин моддаи саҳт амалан ҳалнашавандааст, чунки барои вай дар ҳолати кристаллӣ мондан нисбат ба ҳолати моеъ дида қулайтар аст.

**Алоқамандии**  
ҳалшавандагии моддаҳои саҳт ба ҳарорат бо намуди графיקӣ, бо ёрии хатҳои қачи ҳалшавандагӣ, ифода карда мешавад (расми 41).



Расми 41. Алоқамандии ҳалшавандагии баъзе намакҳо дар об аз ҳарорат

Аз хатҳои қачи ҳалшавандагӣ истифода бурда, ҳалшавандагии моддаро дар ҳароратҳои гуногун муайян кардан мумкин. Ин барои тайёр намудани маҳлулҳои сер, тоза намудани моддаҳо, ҷудо намудани намакҳо аз якдигар ва ғайраҳо истифода бурда мешавад. Дар амалия пеш аз истифода бурдани маҳлулҳо, концентратсияи онҳоро бо воҳидҳои гуногун ифода менамоянд. Чунин воҳидҳои ифодаи концентратсия шуданаш мумкин.

1. **КОНЦЕНТРАЦИЯ ФОИЗИ** – бо фоизи моддаи ҳалкардашуда нисбат ба миқдори умумӣ ифода меёбад. Масалан, маҳлули 15% хлориди натрий чунин маҳлулест, ки дар 100 граммаш 15г NaCl ва 85г H<sub>2</sub>O дорад.

2. **КОНЦЕНТРАЦИЯ МОЛЯРИ** – адади грамм- молекулаҳои моддаи ҳалкардашуда дар 1 л маҳлул мебошад. Чунин концентратсияи маҳлулҳо бо M ифода карда мешавад. Масалан, маҳлули 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> чунин маҳлули кислотаи сулфатро нишон медиҳад, ки агар дар ҳар як литраш 2 грамм - молекула ё худ 196г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дошта бошад.

3. **КОНЦЕНТРАЦИЯ МОЛЯЛИ** – адади грамм- молекулаҳои моддаи ҳалкардашуда дар 1000 грамм ҳалкунанда мебошад. Концентратсияи молялӣ бо ҳарфи m ифода карда мешавад. Масалан, маҳлули 2m H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> онро нишон медиҳад, ки дар чунин маҳлул ба ҳар 1000 граммӣ об 2 грамм- молекулаи H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> рост меояд. Баргариӣ чунин ифодаи концентратсия дар он аст, ки вай бо тағйирёбии ҳарорат алоқаманд нест.

4) Концентратсияи маҳлулҳоро инчунин бо ёрии нисбати адади грамм молекулаи моддаи додашуда ба адади грамм молекулаҳои ҳамаи моддаҳои дар маҳлул буда, ифода кардан мумкин. Концентратсияи бо ин усул ифода шударо «ҳиссаи молекулавӣ»- и моддаи додашуда номида, дар ин сурат ҳалкунандаро бо N<sub>1</sub> ва моддаҳои ҳалшударо бо N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub> ва ғайраҳо ишора мекунанд. Дар сурати маҳлули як модда дар моддаи дигар будан, ҳиссаи молекулави моддаи ҳалшуда N<sub>2</sub> чунин ҳисоб карда мешавад:

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}, \text{ ки}$$

дар ин ҷо:  $n_1$  ва  $n_2$  адади грамм-молекулаҳои ҳалкунанда ( $n_1$ ) ва моддаи ҳалшуда ( $n_2$ ) мебошанд.

**5). КОНСЕНТРАТСИЯИ НОРМАЛИЙ** – адади грамм-эквиваленти моддаи ҳалшударо дар 1 литри маҳлул нишон медиҳад. Концентратсияи нормалӣ бо ҳарфи  $N$  ( $n$ ) ифода карда мешавад. Масалан, маҳлули  $2n$   $H_2SO_4$  онро нишон медиҳад, ки дар ҳар як литраш 2 грамм-эквивалент ё худ 98 грамм  $H_2SO_4$  мавҷуд аст.

Аз маҳлулҳое, ки концентратсияшон бо усули нормалӣ ( $n$ ) ифода шудаанд истифода бурда, мо метавонем ҳисоб намоем, ки нисбатҳои ҳаҷмии моддаҳои бо реаксияи пурра дохилшаванда бояд чӣ гуна бошанд. Масалан, бигузор, ки  $V_1$  л маҳлули 1 бо нормалнокии  $N_1$  бо  $V_2$  л маҳлули 2, ки нормалнокиаш  $N_2$  аст, таъсир кунад. Ин чунин маъноро дорад, ки ба реаксияи бо ҳама таъсиркунӣ  $N_1 V_1$  грамм-эквивалент моддаи 1 ва  $N_2 V_2$  грамм-эквивалент моддаи 2 дохил шудаанд. Азбаски моддаҳо бо миқдори эквивалентии худ таъсир мекунанд, бинобар:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

ё худ  $V_1 : V_2 = N_2 : N_1$  мешавад.

**Яъне, ҳаҷми маҳлулҳои моддаҳои бо ҳама таъсиркунанда бо нормалнокии онҳо мутаносиби чап мебошад.** Дар асоси ин вобастагӣ мо метавонем натавоно концентратсияи барои реаксия зарури моддаҳоро ҳисоб намоем, балки баръакс дар асоси ҳаҷми маҳлулҳои барои реаксия сарф шуда, концентратсияи моддаро ҳисоб намоем.

**Мисоли 1.** Барои аз 150мл маҳлули 0,16н нитрати нуқра пурра ба таҳшинӣ фаровардани нуқра (бо намуди хлориди нуқра) чӣ қадар маҳлули 0,3н хлориди натрий лозим аст?

Чунин таносуб тартиб медиҳем:

$$0,3 : 0,16 = 150 : X, \text{ ки}$$

аз ин ҷо:  $X = \frac{0,16 \cdot 150}{0,3} = 80 \text{ мл}$  мешавад.

**Мисоли 2.** Барои нейтрализатсияи 40мл маҳлули кислотаи сулфат 24 мл маҳлули 0,1н ишқор сарф шуд. Нормалнокии маҳлули  $H_2SO_4$  – ро муайян кунед.

Нормалнокии номаълуми кислотани  $H_2SO_4$  – ро бо  $X$  ишора намуда чунин таносуб тартиб медиҳем:

$$40:24=0,2:X;$$

аз ин ҷо:

$$X = \frac{24 \cdot 0,2}{40} = 0,12n.$$

б) Яке аз усулҳои ифода намудани концентратсияи маҳлулҳо титр ( $T$ ) мебошад. Титр гуфта адади граммҳои моддаро, ки дар 1 мл маҳлул ҳал карда шудааст, меноманд:

$$T = \frac{m}{V}.$$

Дар ин ҷо  $m$ -миқдори граммҳои моддан ҳалкардашуда ва  $V$ -бузургии ҳаҷме, ки дар он моддан гирифташуда ҳал карда шудааст.

### 8.13. ОСМОС ВА ФИШОРИ ОСМОСИ

Чи тавре, ки дар боло қайд намудем, маҳлулҳои системаҳои гомогенӣ мебошанд. Дар маҳлулҳои ҳиссаҷаҳои модаҳои ҳалкардашуда ва ҳалкунанда ҳаракати бетартибона (хаотикӣ) доранд ва дар тамоми ҳаҷми маҳлул баробар тақсим шудаанд.

Агар ба зарфе (масалан, цилиндр) маҳлули концентронидани ягон моддаро, масалан, қандро ҷойгир намуда аз болои он эҳтиёткорона маҳлули носери ҳамон қандро илова намоем, онгоҳ системаи ҳосилшуда дар ибтидо (аввал) гуногунчӣна буда, вале баъд аз чанде молекулаҳои об (ҳалкунанда) ва қанд (моддан ҳалкардашуда) боз дар тамоми ҳаҷми маҳлули ҳосилшуда, баробар тақсим мешаванд. Барои он чунин ҳолат рӯй медиҳад, ки молекулаҳои қанд бетартибона аз маҳлули сери он ба самти маҳлули носер ва баръакс (яъне муқобили ҳамдигар) ҳаракат мекунанд. Вале, бояд қайд кард, ки дар ҳамон як воқиди вақт миқдори молекулаҳои қанди аз маҳлули сер ба самти маҳлули носер ҳаракат кунанда, нисбат ба миқдори молекулаҳои қанди баръакс ҳаракаткунанда зиёд аст.

Молекулаҳои об ҳам ҳамин тавр ба самтҳои гуногун ҳаракат мекунад, вале дар ин ҳолат миқдори молекулаҳои оби аз маҳлули носер ба самти маҳлули сер ҳаракаткунанда, нисбат ба миқдори молекулаҳои оби баръакс ҳаракаткунанда зиёдтар мебошад. Ҳамин тавр, ҳаракати бештари молекулаҳои қанд аз маҳлули сер ба маҳлули носер ва баръакс, ҳаракати бештари молекулаҳои об аз маҳлули сероб ба маҳлули сер амалӣ мешавад. Яъне ҳаракати модда ба самте амалӣ мешавад, ки дар он ҷо консентратсияи вай нисбатан кам аст.

Чунин раванди ихтиёронӣ ҷой иваз намудани моддаҳо дар маҳлул, ки ба баробаршавии (якшелшавии) консентратсияи онҳо меоварад, диффузия ном дорад.

Дар раванди диффузия энтропияи система афзуда дар охири он ба дараҷаи баланди худ ноил мегардад.

Раванди диффузияро бо чашми оддӣ чунин мушоҳида намудан мумкин. Ба силиндри шишагӣ ягон моеъи рангнокро, масалан, перманганати калийро, ҷойгир намуда, аз болои он эҳтиёткорона об илова мекунад. Дар ибтидо сарҳади байни об ва перманганати калий аниқ намоён мешавад, вале баъд аз чанд вақт омехта ранги ягонро мегирад, ки ин натиҷаи амали диффузия мебошад.

Дар ин мисол ҳиссаҳои ҳалкунанда ва моддаи ҳалкардашуда дар асоси ҳаракати муқобили ҳам диффузия мешаванд. Вале агар мо байни маҳлулҳои омехташаванда тавора (перегородка) гузорем, онгоҳ ҳалкунанда аз ин тавора гузашта, моддаи ҳалкардашуда гузашта наметавонад. Чунин тавораҳои ноими нимгузаронандаҳо (полупроницаемые)-ро гирифтаанд. Онҳоро на танҳо бо таври сунъӣ тайёр кардан мумкин, балки табиатан ҳам вучуд доранд. Агар мо ба чунин цилиндриҳои таворадор маҳлули ягон модда, масалан, қандро ҷойгир намуда, цилиндриро ба об гузорем, онгоҳ баробаршавии консентратсияи маҳлули қанди серобкардашуда танҳо дар натиҷаи ҳаракати якҷарафӣ об амалӣ мешавад, чунки молекулаҳои қанд аз тавора гузашта наметавонанд. Чунин диффузияи якҷарафа аз қабати тавора осмос номида мешавад.

Ҳодисоти осмос барои олами *наботот*: аҳамияти ниҳоят калон дорад, чунки пардаи ҳуҷайраҳои бадани онҳо хосияти тавораро дошта, обро хуб аз худ мегузаронад, вале моддаҳои дар он ҳалшударо амалан намегузаронад. Ҳамин тавр об ба ҳуҷайра дохил шуда дар он фишори иловагиро ба амал меорад, пардаи ҳуҷайраро таранг нигоҳ медорад ва бинобар ин қисмҳои нарми растаниҳо ҳам, масалан барг ва гули онҳо, таранг мебошанд. Агар растани дуру дароз беоб монда бошад, ё агар онро бурида бошанд, онгоҳ дар натиҷаи бухор шудани оби он ҳаҷми моеъи дохили ҳуҷайра хурд шуда, растани пажмурда мешавад. Агар чунин растаниро ба об гузорем, ҳамоно, дар натиҷаи амалӣ шудани раванди осмос, пардаи ҳуҷайраҳо таранг шуда, растани боз ҳолати авваларо мегирад.

Осмос инчунин яке аз воситаҳои мебошад, ки дар натиҷаи амалӣ шудани он об метавонад бо навдаҳои растаниҳо ба боло баромада, ҳуҷайраҳои онро сероб кунад.

Дар натиҷаи ченкуниҳои фишори осмосии маҳлулҳои гуногун муқаррар карда шудааст, ки бузургии фишори осмосӣ ба консентратсияи маҳлул ва ҳарорат алоқаманд буда, вале ба табиати ҳалкунанда ва моддаи ҳалкардашуда алоқамандӣ надорад.

Дар соли 1886 физико-химик Голландӣ Я. Г. Вант-Гофф нишон дод, ки барои маҳлулҳои ғайриэлектрولитии на он қадар консентрониди алоқамандии фишори осмосӣ ба консентратсия ва ҳарорати маҳлул бо ёрии муодилаи зерин ифода ёфтаниш мумкин:

$$P = CRT$$

Дар инҷо  $P$  – фишори осмосии маҳлул;  $C$  – консентратсияи маҳлул (молярнокии он);  $R$  – доимии газии универсалӣ;  $T$  – ҳарорати мутлақ.

Ин муодила ба муодилаи ҳолати газҳои идеалӣ, ки аз тарафи Менделеев – Клапейрон пешниҳод шудааст, монанди дорад. Дар ҳақиқат молярнокии маҳлул – ин таносуби адади грамм-молекулаи моддаи ҳалкардашуда ( $n$ ) ба ҳаҷми маҳлул ( $v$ ) мебошад, яъне:

$$C = \frac{n}{v}$$

Адади грамм-молекулаи модда бошад баробар аст ба

$$n = \frac{m}{M},$$

ки дар инҷо  $m$  – массаи модда ва  $M$  – массаи молики он мебошад.

Аз инҷо :

$$PV = \frac{m}{M} RT.$$

Дар асоси ин муодила мо метавонем массаи молекулавии моддаро дар асоси бузургии фишори осмотикии маҳлули он муайян намоем.

Мисол. Фишори осмотикии маҳлуле, ки дар 250 мл – аш 3 г қанд ҳаст, дар ҳарорати  $12^{\circ}\text{C}$  ба 0,82 атм баробар мебошад. Массаи молекулавии қандро муайян кунед.

Далелҳои овардашударо дар муодилаи охири гузошта меёбем, ки  $0,82 \cdot 0,25 = \frac{3}{M} \cdot 0,082 (273+12)$  массаи молекулавии қанд  $M = 342$  мебошад.

## 8.14. ФИШОРИ БУҒИ МАҲЛУЛҶО

Муқаррар карда шудааст, ки дар ҳарорати додашуда фишори буғи сер дар сатҳи маҳлул – бузургии доимӣ мебошад. Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки дар вақти ҳал намудани ягон мода дар моеъ фишори буғи сери он паст мешавад. Ҳамин тавр: фишори буғи сери ҳалқунанда дар сатҳи маҳлул доимо аз фишори ин буғ дар сатҳи ҳалқунандаи ҳолис, дар ҳамин ҳарорат, камтар мебошад. Фарқи байни ин бузургиҳоро пастшавии фишори буғ дар сатҳи маҳлул (ё пастшавии фишори буғи маҳлул) меноманд. Таносуби (нисбати) бузургии ин пастшавӣ ба фишори буғи серро, дар сатҳи ҳалқунандаи ҳолис, пастшавии нисбии фишори буғ дар сатҳи маҳлул меноманд.

Агар фишори буғи сери ҳалқунандаро дар сатҳи ҳалқунандаи ҳолис бо  $P_0$  ва дар сатҳи маҳлул бо  $P$  ишора

намоем, онгоҳ пастшавии нисбии фишори буғи сер дар сатҳи маҳлул бо чунин каср ифода меёбад:

$$\frac{P_0 - P}{P_0}$$

Соли 1887 физики Фаронсавӣ Раул хосияти маҳлулҳои гуногун бухоршаванда ва дигар моддаҳоро дар ҳолати сахтӣ омӯхт ва чунин қонунро кашф намуд, ки вай алоқамандии пастшавии фишори буғҳои сери маҳлулҳои сероби ғайриэлектролитиро ба концентратсияи онҳо нишон медиҳад. Ин қонунро чунин таъриф додан мумкин: пастшавии нисбии фишори буғҳои сери ҳалқунанда дар сатҳи маҳлул ба ҳиссаи моли моддаи ҳалқардашуда баробар аст.

Ифодаи математикии қонуни Раул чунин намуд дорад:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = N_2$$

Дар ин ҷо  $N_2$  – ҳиссаи моли моддаи ҳалқардашуда дар маҳлул.

Бояд қайд кард, ки ҳодисоти пастшавии фишори буғҳои сер дар сатҳи маҳлул аз принципи Ле-Шателе бармеояд. Инро дар мисоли мувозинати байни оби моеъ ва буғҳои он дида мебароем. Ин мувозинатро чунин ифода намудан мумкин:



Акнун агар дар об ягон миқдори ягон моддаро ҳал намоем, онгоҳ концентратсияи молекулаҳои оби моеъ дар маҳлул кам мешавад (яъне дар ҳалқунонидани модда сарф мешавад) ва бинобар ин мувозинат ба самти чап, яъне ҷуброншавии оби моеъи камшуда, дар асоси конденсатсияи буғҳои он, мелағжад. Дар натиҷа мувозинати нав дар асоси фишори нисбатан пастии буғҳои сери маҳлул барқарор мешавад.

## 8.15. ЯҲКУНИ ВА ҶУШИШИ МАҲЛУЛҶО

Муқаррар карда шудааст, ки ба моддаҳои химиявии индивидуалӣ ҳарорати муайяни гузариш аз як ҳолати агрегатӣ ба ҳолати агрегати дигар (ҳарорати гудозиш, ҳарорати ҷушиш,

ҳарорати кристаллизатсия) хос мебошад. Масалан, об дар фишори 760 мм.ст.сим., ҳарорати яхкуниаш ба  $0^{\circ}\text{C}$  ва ҷушишаш ба  $100^{\circ}\text{C}$  баробар мебошад.

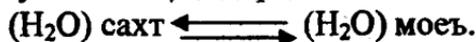
Мавҷудияти моддаҳои ҳалқардашуда ҳарорати ҷушиши ҳалқунандаро баланд карда, ҳарорати яхкунии онро паст мекунад. Фарқи байни ҳароратҳои ҷушиши маҳлул ва ҳалқунандаи ҳолисро баландшавии ҳарорати ҷушиши маҳлул ( $\Delta t$  ҷуш.) меноманд. Фарқи байни ҳароратҳои яхкунии маҳлул ва ҳалқунандаи ҳолисро баландшавии ҳарорати яхкунии маҳлул ( $\Delta t$  яхк.) меноманд. Агар ҳароратҳои ҷушиш ва яхкунии маҳлулро муттаносибан бо  $t$  ҷуш. ва  $t$  яхк. ишора намоем, онгоҳ фарқи байни ин ҳароратҳоро бо чунин муодила муайян кардан мумкин:

$$\Delta t \text{ ҷуш} = t^1 \text{ ҷуш} - t \text{ ҷуш};$$

$$\Delta t \text{ яхк.} = t^1 \text{ яхк.} - t \text{ яхк.}$$

Ҳамагуна моеъҳо дар ҳарорати додашуда онгоҳ меҷушанд, ки агар бузургии фишори буғҳои сери онҳо ба бузургии фишори беруна (муҳит) баробар шавад. Масалан, об таҳти фишори 760 мм.ст.сим. (фишори атмосферӣ) дар ҳарорати  $100^{\circ}\text{C}$  меҷушад, чунки дар ҳамин ҳарорат фишори буғҳои сери он ба 760 мм.ст.сим. баробар мешавад. Агар дар об ягон моддаи бухоршавандаро ҳал намоем, онгоҳ фишори буғҳои он паст мешавад. Барои он, ки фишори буғҳои сери маҳлули ҳосилшуда то ба 760 мм.ст.сим. расад зарур аст, маҳлулро аз  $100^{\circ}\text{C}$  баландтар гарм намоем. Аз инҷо хулоса бармеояд, ки ҳарорати ҷушиши маҳлул ҳама вақт аз ҳарорати ҷушиши ҳалқунандаи ҳолис баланд аст. Чунин алоқамандӣ ба пастшавии ҳарорати яхкунии маҳлулҳо низ хос мебошад.

Баландшавии ҳарорати ҷушиш ва пастшавии ҳарорати яхкунии моддаҳо ба принципи Ле-Шателе алоқаманд аст (мувофиқ меояд). Масалан, фарз кардем, ки байни оби моеъ ва саҳт (ях) чунин мувозинат ҷой дорад:



Агар дар ин об ягон миқдори ягон моддаро ҳал намоем, онгоҳ концентратсияи молекулаҳои оби моеъ паст мешавад ва мувозинати дар боло овардашуда ба тарафи рост, аз ҳисоби

гудохташавии як, мелағжад (барои ҷуброн намудани норасогии молекулаҳои оби моеъ). Акнун барои барқароршавии мувозинат ҳарорати паст кардан зарур аст, то ин, ки яхи гудохташуда боз саҳт шавад.

Раул яхкунӣ ва ҷӯшиши моеъҳоро омукта муқаррар намуд, ки барои маҳлулҳои сероби ғайриэлектrolитҳо баландшавии ҳарорати ҷӯшиш ва пастшавии ҳарорати яхкунӣ ба консентратсияи маҳлул мутаносиби рост аст, яъне:

$$\Delta t_{\text{ҷӯш}} = E m;$$

$$\Delta t_{\text{яхк.}} = K m.$$

Дар ин ҷо:  $m$  — консентратсияи молярии маҳлул;  $E$  ва  $K$ , мутаносибан, доимии эбулиоскопӣ ва криоскопӣ, ки танҳо ба табиати ҳалкунанда алоқамандӣ дошта, ба табиати моддаи ҳалкардашуда алоқаманд нест. Барои об доимии криоскопӣ ( $K$ ) ба 1,86 ва доимии эбулиоскопӣ ( $E$ ) ба 0,52 баробар аст. Ин бузургиҳо барои бензол, мутаносибан, ба 5,07 ( $K$ ) ва 2,6 ( $E$ ) баробар мебошад. Бузургии криоскопӣ ва эбулиоскопии ҳалкунандаҳои гуногунро истифода бурда, мо метавонем массаҳои молекулавии модаҳои гуногунро муайян созем. Бинобар ин методҳои эбулиоскопӣ ва криоскопии муайян намудани массаҳои молекулавии модаҳо тадқиқи васеъ доранд. Инро дар мисоли зерин дида мебароем.

Дар вақти ҳал кардани 2,76 г глитсерин дар 200 г об ҳарорати яхкунии об 0,271 °C паст шудааст. Дар ҳамин асос массаи молекулавии глитсеринро муайян кардан зарур.

Муайян мезозем, ки дар маҳлул ба ҳар 1000 г об чанд грамм глитсерин рост меояд.

$$P = \frac{2,76 \cdot 1000}{200} = 13,8 \text{ г.}$$

Молярнокии маҳлулро бо  $m$  ва массаи молини глитсеринро бо  $M$  ифода намуда, чунин муодиларо ҳосил менамоем:

$$M = \frac{P}{m} = \frac{13,8}{M}.$$

Рақамҳои ҳосилшударо дар муодилаи  $\Delta t \text{ якк.} = Km.$   
гузошта меёбем, ки :

$$0,279 = 1,86 \frac{13,8}{M} \text{ мебошад.}$$

Аз ин ҷо: массаи молекулавии глицерин  $M = \frac{1,86 \cdot 13,8}{0,279} = 92$   
мешавад.

# БОБИ IX. НАЗАРИЯИ ДИССОТСИАТСИЯИ ЭЛЕКТРОЛИТӢ. ГИДРОЛИЗ

## 9.1. МАЪЛУМОТҶОИ УМУМИ

Маълум аст, ки бисёр маҳлулҳои обии моддаҳо ба қонунҳои Раул ва Ван-Гофф итоат мекунанд. Масалан, пастшавии ҳарорати яхкунӣ ( $\Delta t$  яхкунӣ), баландшавии ҳарорати ҷушиш ( $\Delta t$  ҷушиш), пастшавии фишори буғҳои сер, фишори осмотикӣ ( $P_{осм}$ ) ба консентратсияи молекулавии моддаҳои ҳалқардашуда мутаносиби рост мебошанд.

Қонунҳои Раул ва Ван-Гофф ба маҳлулҳои йод дар спирти этил, спирт дар об, маҳлулҳои органикӣ татбиқшаванда мебошанд. Масалан, дар вақти ҳалшавии 1г-мол модда дар 1000 грамм об, ҳарорати яхкунии об то  $1,86^{\circ}\text{C}$  паст мешавад.

Дар миёнаҳои асри гузашта далелу рақамҳои ба ин қонунҳо итоат накунанда хеле ҳам бисёр ҷамъ шудаанд. Масалан, маълум шуд, ки дар вақти ҳал шудани 1г-мол  $\text{NaCl}$  дар 100г об, ҳарорати яхкунии об то  $1,86^{\circ}\text{C}$  не, балки  $3,36^{\circ}\text{C}$  паст мешавад.

Яъне, пастшавии ҳарорати яхкунии об вобаста ба консентратсияи моддаҳо аз назарияи дида зиёд аст. Барои дигар маҳлулҳои намакҳо, асосҳо ва кислотаҳо ҳам пастшавии ҳарорати яхкунӣ ва дигар хосиятҳои молекулаҳо нисбат ба назарияи дида зиёдтар мебошад. Ин ҳодиса онро нишон медиҳад, ки дар маҳлулҳои асосҳо, намакҳо ва кислотаҳо нисбат ба консентратсияи молекулавиашон дида, миқдори ҳиссачаҳо зиёд аст. Масалан, дар вақти ҳал намудани 100 молекулаи  $\text{NaCl}$  аз 100 дида зиёдтар ҳиссача ҳосил мешавад. Яъне маълум мешавад, ки як қисми молекулаҳои  $\text{NaCl}$  ба ҳиссачаҳои хурдтар тақсим мешаванд.

Сонитар маълум шуд, ки маҳлулҳои обии намакҳо, асосҳо ва кислотаҳо ҷараёни электрикиро мегузаронанд. Бинобар ин моддаҳои, ки маҳлулҳои обии ба қонунҳои Раул ва Ван-Гофф итоат намекунанд, минбаъд электролитҳо номида шудаанд.

Дар соли 1887 химики шведӣ С.Аррениус гипотезаро дар бораи диссоциатсияи электролитҳо пешниҳод намуд, ки сонитар вай ба назарияи илмӣ табдил ёфт. Моҳияти назарияи диссоциатсияи электролитҳо аз он иборат аст, ки мувофиқи он гӯё молекулаҳои намакҳо, асосҳо ва кислотаҳо дар маҳлулҳои обӣ қисман ба ҳиссаҳои мусбат ва манфӣ заряднок-ионҳо тақсим мешудаанд.

Мувофиқи ин назария молекулаҳои  $\text{NaCl}$  дар маҳлули обӣ бо чунин схема тақсим мешаванд:



Ҳиссаҳои мусбат заряднок – катионҳо ва манфӣ-заряднок – анионҳо номида шудаанд. Маҷмӯи зарядҳои мусбат одатан ба маҷмӯи зарядҳои манфӣ баробар аст. Бинобар чунин маҳлул умуман электронейтрал мебошад.

Маҳлулҳои электролитҳо он вақт ба қонунҳои Раул ва Вант-Гофф итоат мекунанд, ки агар адади ҳақиқии ҳиссаҳо дар электролит ба ҳисоб гирифта шавад. Бинобар ин дар муодилаҳои барои электролитҳо коэффитсиенти изотоникии Ван-Гофф ( $i$ ) дохил карда шудааст:-

Коэффитсиенти изотоникӣ-ин ченаки зиёдшавии ҳиссаҳо дар маҳлул дар натиҷаи диссоциатсия мебошад:

$$i = \frac{\text{адади умумии ионҳо ва молекулаҳои параханашуда}}{\text{адади молекулаҳои ҳалкардашуда}},$$

ё худ

$$i = \frac{P_{\text{осм}}^1}{P_{\text{осм}}} = \frac{\Delta P^1}{\Delta P} = \frac{\Delta t_{\text{чунӣ}}^1}{\Delta t_{\text{чунӣ}}} = \frac{\Delta t_{\text{якк}}^1}{\Delta t_{\text{якк}}}.$$

Бо штрихҳо бузургиҳои таҷрибавӣ, бе штрихҳо бузургиҳои дар асоси қонунҳои Раул ва Вант-Гофф ҳисоб карда шуда, ифода шудаанд. Бояд қайд, ки дар ҳама ҳолат бузурги  $i$  аз як зиёд мебошад.

Барои маҳлулҳои намакҳо, асосҳо ва кислотаҳо чунин муодилаҳоро истифода мебаранд:

$$P_{\text{осм}} = iCRT; \frac{\Delta P}{P} = i \frac{n}{n+N}; \Delta t_{\text{чүшиш}} = iK_{\text{чүшиш}} \cdot C; \Delta t_{\text{якк}} = iK_{\text{якк}} \cdot C$$

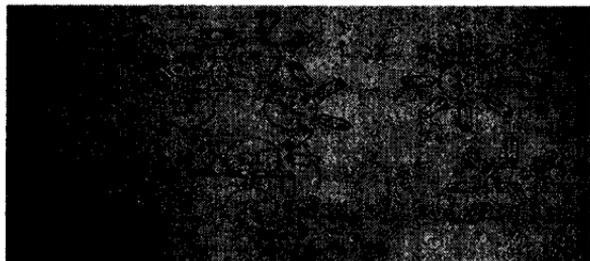
Бояд қайд кард, ки С. Аррениус тарафдори назарияи физикавии ҳалшавии маҳлулҳо буд. Аррениус ионҳоро ҳамчун ҳиссаҷаҳон мустақили ба молекулаҳои моддаи ҳалқунанда новобаста мешуморид. Д.И. Менделеев бошад назарияи химиявӣ ё худ гидратии маҳлулҳоро пешниҳод намуд.

Мувофиқи таълимоти Менделеев дар вақти ҳалшавии моддаҳо дар ҳалқунандаҳо, ҳодисоти бо ҳам таъсиркунии молекулаҳои моддаи ҳалшаванда ва ҳалқунанда ҷой дорад. Дар барҳамдиҳии зиддияти байни назарияҳои Аррениус ва Менделеев корҳои олими бузурги рус И.А. Каблуков (1891) ҷолиби қайд аст.

Вай якумин маротиба мавҷудияти ҳодисоти гидрататсияро, дар вақти ҳалшавии моддаҳо, пешгӯӣ кард. Инкишофи минбаъдаи ин назария ба муттаҳидшавии назарияҳои Аррениус ва Менделеев оварда расонд.

**РАВАНДИ ДИССОТСИАТСИЯ.** Вобаста ба сохтори моддаи ҳалшаванда, дар муҳити беоб, диссоциатсияи вай бо тарзҳои гуногун мегузарад. Бештар ду намуди диссоциатсияшавии моддаҳо фарқ карда мешавад. Яке аз онҳо — ин диссоциатсияи намакҳои ҳалшаванда, яъне кристаллҳои сохтори ионӣ дошта, дуҷум- диссоциатсия дар вақти ҳалшавии кислотаҳо- яъне моддаҳои, ки аз молекулаҳои қутбнок иборатанд.

Вақте, ки кристаллҳои намак, масалан  $KCl$ , ба об меафтанд, ионҳои дар сатҳи болоии кристалл буда, молекулаҳои обро ба худ мекашанд (бо



Расми 42. Схекаи ҳалшавии намаки  $KCl$  ҳамтаъсиркунии ионӣ - диполий). Молекулаи об бо ионҳои калий бо қутби манфӣ ва бо ионҳои хлор ба қутби мусбати худ кашида мешавад (расми 42). Бояд қайд намуд, ки на танҳо боҳамкашиши

байни ионҳои моддаи ҳалшаванда ва молекулаи об, балки яқбора аз ҳамтеладиҳии байни молекулаҳои ҳаракаткунандаи об ҳам мушоҳида карда мешавад.

Ингуна теладиҳиҷо ва лапишҳои ионҳои дар кристалл буда барои ҷудо шуда ба маҳлул гузаштани ионҳо кифоя мебошанд. Баъд аз қабати якуми ионҳо, ҳамингуна қабатҳои минбаъда ҳам ба маҳлул гузашта, пай дар пай ҳалшавии кристалл ба амал меояд.

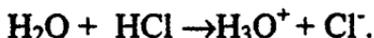
Диссоциатсияи молекулаҳои қутбнок дигар хел ба амал меояд (расми 43). Молекулаи об ба канорҳои молекулаи қутбнок кашидашуда (бо ҳамтаъсиркунии диполи - диполи), аз ҳам

ҷудошавии қутбҳои молекуларо ба амал меорад ва дар натиҷа вай ба ионҳо тақсим мешавад. Дар ин ҳолат протон (яъне ядрои атоми



Расми 43. Схекаи диссоциатсияи молекулаҳои қутбнок дар маҳлул

гидроген) бо молекулаи об мустақкам пайваст шуда, иони гидроксонийро ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) ҳосил мекунад. Масалан, ҳалшавии хлориди гидрогенро бо ёрии чунин реаксияи химиявӣ ифода намудан мумкин аст:



Дар ин реаксия молекулаи  $\text{HCl}$  чунин параха мешавад, ки дар натиҷаи он ҷуфти умумии электронҳо дар атоми хлор монда, онро ба иони хлор  $\text{Cl}^-$  табдил медиҳад. Протон бошад ба пардаи электронии атоми оксиген дар молекулаи об дохил шуда, иони гидроксонийро ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) ҳосил мекунад.

Дар вақти ҳалшавии дигар кислотаҳо ҳам чунин ҳодиса рӯй медиҳад. Масалан:



Ионҳои ба маҳлул гузашта бо молекулаи об пайваст шуда гидрати ионҳоро ҳосил мекунанд.

Дигар хел карда гӯем, дар натиҷаи диссоциатсияи ионҳои озод ҳосил нашуда, балки пайвастагиҳои онҳо бо молекулаҳои

ҳалқунанда ҳосил мешаванд. Умуман дар иштироки ҳалқунандаҳои гуногун ин пайвастигиҳоро солватҳои ионҳои меноманд. Аммо дар муодилаҳои раванди диссоциатсия одатан формулаҳои ионҳоро навишта, гидратҳо ё солватҳои онҳоро наменависанд, чунки адади молекулаҳои ҳалқунанда, ки бо ионҳои пайвасти аст на ҳама вақт маълум буда, вобаста ба консентратсияи маҳлул ва дигар омилҳои тағйир меёбад.

Ба диссоциатсияшавии моддаҳои гуногун одатан қутбнокӣ ҳалқунандаҳои таъсир мерасонанд. Бинобар ин на танҳо об, балки дигар моеъҳо ҳам (кислотаи мурча, спирти этил, аммиак ва дигарҳо), ки аз молекулаҳои қутбнок ташкил ёфтаанд, инчунин ҳалқунандаҳои қутбноккунанда шуда метавонанд. Масалан, намакҳо, кислотаҳо ва асосҳои дар ин моеъҳо ҳалқардашуда, ба ионҳои диссоциатсия мешаванд. Дар вақти ҳалқудани намакҳо, кислотаҳо ва асосҳо дар ҳалқунандаҳои беқутб ва камқутб (бензол, карбосульфид ва ғайраҳо), ба ионҳои диссоциатсияшавӣ ҷой надорад.

## 9.2. ДАРАҶАИ ДИССОЦИАТСИЯ,

Қобилияти диссоциатсияшавии электролитҳо ба ионҳои ададан бо бузургии дараҷаи диссоциатсия ( $\alpha$ ) ифода карда мешавад. Дараҷаи диссоциатсия ба нисбати адади молекулаҳои ба ионҳои тақсим шуда ба миқдори умумӣ молекулаҳои ҳалқардашуда баробар аст, яъне:

$$\alpha = \frac{\text{адади молекулаҳо и ба ионҳо тақсимишуда}}{\text{адади умумии молекулаҳо и халқшуда}}$$

Бузургии дараҷаи диссоциатсия ( $\alpha$ ) - ро инчунин бо ёрии (%) ҳам ифода намудан мумкин. Масалан, мегӯянд, ки дараҷаи диссоциатсияи кислотаи атсетат ба 3 % баробар аст. Ин он маъноро дорад, ки дар шароити муқаррарӣ аз ҳар 100 молекулаҳои ҳалқшудаи  $\text{CH}_3\text{COOH}$  танҳо 3-тоашон ба ионҳои ҷудо шудаанд.

Ба бузургии дараҷаи диссотсиатсия табиати электролит, хусусияти банди химиявӣ дар молекулаҳои он ё кристаллҳои таъсир карданаш мумкин. Аз ҳама хубтар молекулаҳои банди ионӣ дошта диссотсиатсия мешавад. Ин аз он сабаб аст, ки ионҳои дар молекула ё кристалл буда фаъолона бо молекулаҳои қутбноки ҳалқунанда таъсир мекунад.

Ба бузургии дараҷаи диссотсиатсия инчунин табиати ҳалқунанда - қутбноки молекулаҳои он низ таъсир мекунад. Дар бораи қутбноки молекулаи ҳалқунанда аз рӯи бузургии моменти диполии он ё худ гузаронандагии диэлектрикии ( $\epsilon$ ) он сухан рондан мумкин аст. Чӣ қадар, ки моменти диполии ҳалқунанда калон бошад, ҳамон қадар раванди диссотсиатсия дар онҳо тезтар мегузарад. Ҳалқунандаҳои паҳншудатарин чунин бузургиҳои гузаронандагии диэлектрикӣ доранд:

об	бензол	атсетон	глицерин	спирти этил
80	2,3	31,0	39,1	26,3

Қобилияти гузаронандагии калонтарин дар об мушоҳида карда мешавад, бинобар дар ин ҳалқунанда (об) дараҷаи диссотсиатсияи моддаҳои ҳалшуда калонтарин аст.

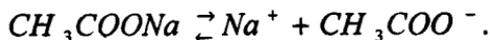
Ба бузургии дараҷаи диссотсиатсияи концентратсияи маҳлул аз ду ҷиҳат таъсир мерасонад:

а) дар вақти сероб намудан масофаи байни ионҳо зиёд мешавад ва бинобар раванди акси диссотсиатсия (ҳосилшавии молекулаҳо аз ионҳо) нигоҳ дошта мешавад.

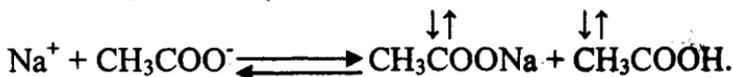
б) дар маҳлулулҳои сероб ба ҳар як молекулаи моддаи ҳалшуда миқдори бисёри молекулаҳои моддаи ҳалқунанда рост меояд. Масалан, барои маҳлулулҳои HCl- и концентратсияшон гуногун бузургии  $\alpha$  чунин аст:

Концентратсияи маҳлули HCl: (N)	0,1	0,01	0,001
$\alpha$ : (%)	92	97,2	99

Ба бузургии дараҷаи диссотсиатсияи ионҳои ҳамном ҳам таъсир мерасонанд, чунки онҳо мувозинатро лағжониданашон мумкин. Масалан, агар ба системаи кислотаи атсетат намаки натрийгии онро дохил намоем, чунин равандҳо амал доштанишон мумкин:



Яъне, дар вақти илова намудани намаки  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ионҳои  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  - и ҳосилшуда ба ионҳои  $\text{H}^+$  - и дар маҳлул буда вохӯрда, пайвастагии кам диссоциатсияшавандаи  $\text{CH}_3\text{COOH}$ - ро ҳосил мекунанд, ки ин ба лағжиши мувозинат ба тарафи чап, яъне ба зиёдшавии концентратсияи молекулаҳои  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва камшавии дараҷаи диссоциатсияи он меоварад:



Бинобар ин барои дараҷаи диссоциатсияи моддаро кам кардан, зарур аст, ки ба маҳлули он электролити дигари анион ва катиони ҳамном дошта илова карда шавад.

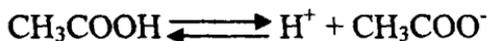
Ба бузургии дараҷаи диссоциатсия ҳарорат ҳам таъсири калон мерасонад. Дар вақти гарм кардан, дар натиҷаи зиёд шудани ҳаракати гармӣ, банди байни ионҳо суст мешавад.

Дар назари аввал чунин менамояд, ки гуё дараҷаи диссоциатсия зиёд мешуда бошад. Аммо таҷриба нишон медиҳад, ки дар вақти баландшавии ҳарорат ҳаракати молекулаҳо - солвататсия (гидрататсия)-и ионҳо кам мешавад, ки он ба камшавии дараҷаи диссоциатсия меоварад. Бинобар зарур аст, ки барои ҳар як электролит эффекти гармии раванди диссоциатсияро дониста, нисбат ба он принципи Ле-Шателеро истифода бурда шавад.

### 9.3. КОНСТАНТАИ ДИССОЦИАТСИЯ ВА ҚОНУНИ СЕРОБКУНИИ ОСТВАЛД

Барои мувозинате, ки дар маҳлули электролити заиф дар байни молекулаҳо ва ионҳо ҷой дорад, қонунҳои мувозинатҳои химиявиро истифода бурда, ифодаи константаи мувозинатро

навиштан мумкин. Масалан, барои диссоциатсияи кислотаи ацетат



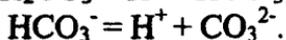
константаи мувозинат чунин намудро дорад:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Дар ин муодила, дар сурат-концентрацияи ионҳо-маҳсулоти диссоциатсия, дар махраҷ-концентрацияи молекулаҳои диссоциатсияшуда ҷой гирифтаанд.

Мувозинате, ки диссоциатсияи электролити заифро нишон медиҳад, константаи диссоциатсия номида мешавад. Дар ин ҳолат бузургии  $K$  ба табиати электролит, ҳалкунанда ва инчунин ҳарорат вобаста буда, аммо ба концентрацияи маҳлул вобастагӣ надорад. Вай ( $K$ ) қобилияти ба ионҳо тақсим шудани электролити додашударо нишон медиҳад: чӣ қадар, ки калон бошад, ҳамон қадар электролит ба осонӣ диссоциатсия мешавад.

Кислотаҳои бисёрасоса, инчунин асосҳои металлҳои ду-ва бисёрвалентаи дигар ба таври зинагӣ диссоциатсия мешаванд. Дар маҳлулҳои ингуна моддаҳо мувозинатҳои мураккаб барқарор мешаванд, ки дар онҳо ионҳои заряддоштон гуногун иштирок мекунанд. Масалан, диссоциатсияи кислотаи карбонат бо чунин зинаҳо мегузарад:



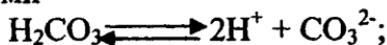
Мувозинати якум-яъне диссоциатсияи зинаи якум, бо константаи диссоциатсияи  $K_1$  ифода меёбад:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

Мувозинати дувум (диссоциатсияи зинаи дувум) бо константаи диссоциатсияи  $K_2$  ифода меёбад:

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

Ба мувозинати умумӣ



константаи умумии  $K$  мувофиқ меояд:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}.$$

Бузургиҳои  $K$ ,  $K_1$  ва  $K_2$  бо якдигар чунин алоқаманд мебошанд:

$$K = K_1 \cdot K_2.$$

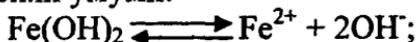
Чунин таносубҳо метавонанд диссоциатсияи зинагии асосҳои металлҳои бисёрвалентаро ҳам ифода намоянд. Масалан, ба ду зинаи диссоциатсияи гидроксиди оҳан (II)



чунин константаҳои диссоциатсия мувофиқ меоянд:

$$K_1 = \frac{[\text{FeOH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{Fe}(\text{OH})_2]} \quad \text{ва} \quad K_2 = \frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{OH}^-]}{[\text{FeOH}^]}.$$

Барои диссоциатсияи умумӣ:



чунин константаи умумӣ мувофиқ меояд:

$$K = \frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{OH}^-]^2}{[\text{Fe}(\text{OH})_2]}.$$

Дар ин ҷо ҳам  $K = K_1 \cdot K_2$  мебошад.

Дар ҳолати диссоциатсияи зинагии моддаҳо, диссоциатсия дар зинаҳои минбаъда нисбат ба зинаи пешоянд дида, ҳама вақт сусттар аст (яъне тақсимшавӣ бо зинаи дуйӯм нисбат ба зинаи якум камтар ва ғайраҳо). Дигар ҳел карда гуём дар ин ҳолат нобаробарии зерин мушоҳида карда мешавад:

$$K_1 > K_2 > K_3 \dots$$

Ин ҳолат чунин фаҳмонда мешавад, ки энергияи барои ионро аз молекулаи нейтрал ҷудо намудан, нисбат ба энергияи ҷудо намудани ион аз ҳиссаҳои заряди мусбатдоштаи минбаъда камтар мебошад.

**ҚОНУНИ СЕРОБКУНИИ ОСТВАЛД.** Ин қонун алоқамандии байни дараҷаи диссоциатсия ва концентратсияи

электролитро нишон медиҳад. Фарз кардем, ки концентратсияи маҳлули электролитӣ заиф  $C$ , дараҷаи диссоциатсияи он  $\alpha$  мебошад. Онгоҳ  $\alpha \cdot C$  – адади молекулаҳои тақсимнашуда мебошад.

Агар ҳар як молекула ба ду ион тақсим шавад, онгоҳ адади ионҳои аломатҳои  $+ va -$  дошта ҳам баробар мешавад.

Дар асоси навиштаҳои боло константаи диссоциатсияро чунин ифода намудан мумкин:

$$K = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{C - \alpha C} = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha}$$

Агар электролит заиф бошад, онгоҳ  $1 - \alpha$  аз 1 хеле ҳам кам фарқ мекунад. Дар он сурат мо чунин муодиларо ҳосил карда метавонем:  $K = \alpha^2 \cdot C$ , ки аз ин ҷо

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \text{ мешавад.}$$

**Ин ифода – қонуни серобкунии Оствалд ном дорад.**

Аз муодила дида мешавад, ки бояд дараҷаи диссоциатсия бо серобшавии маҳлул, яъне камшавии концентратсия, зиёд шавад (чӣ тавре, ки дар амалия дида мешавад). Мувофиқи қонуни серобкунии Оствалд мо метавонем дар асоси дараҷаи диссоциатсия  $\alpha$  ва концентратсияи маҳлул  $C$  константаи диссоциатсияи электролитро муайян намоем. Дар ҳамин асос барои кислотаи атсетат чунин натиҷаҳо ҳосил карда шудааст (Ҷадвали 13).

Ҷадвали 13

**Нишондиҳандаҳои константаи ионизатсияи кислотаи атсетат вобаста ба концентратсияи он**

Концентратсияи маҳлул (C), мол/л	Дараҷаи диссоциатсия ( $\alpha$ ), %	Константаи ионизатсия (диссоциатсия), K
0,2	0,98	$1,83 \cdot 10^{-5}$
0,1	1,36	$1,88 \cdot 10^{-5}$
0,01	4,19	$1,83 \cdot 10^{-5}$
0,005	5,85	$1,82 \cdot 10^{-5}$

Чй тавре, ки дида мешавад, агарчанде бо камшавии концентратсия дараҷаи диссотсиатсия зиёд шавад ҳам константаи диссотсиатсия амалан тағйир намеёбад. Фарқи принципиалии константа аз дараҷаи диссотсиатсия аз ҳамин иборат аст.

#### 9.4. ҚУВВАИ ЭЛЕКТРОЛИТҶО

Электролитҷое, ки 30% ва зиёдтар диссотсиатсия мешаванд, электролитҷои қавӣ номида мешаванд. Агар электролитҷо аз 3 то 30% диссотсиатсия шаванд, онҳоро электролитҷои заиф меноманд. Ба электролитҷои қавӣ моддаҳои зерин мисол шуда метавонанд:

аз кислотаҳо —HCl, HBr, HJ, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClO<sub>4</sub>;

аз асосҳо- гидроксидҳои металлҳои ишқорӣ ва ишқорзаминӣ; аз намакҳо ғайр аз HgCl<sub>2</sub>, Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> қариб ҳамашон электролитҷои қавӣ мебошанд. Муайян карда шудааст, ки электролитҷои қавӣ ба назарияи диссотсиатсияи электролитии Аррениус ва қонуни таъсири масса итоат намекунанд.

Константаи диссотсиатсияи электролитҷои қавӣ дар концентратсияи гуногун бузургҳои ҳархела дорад, яъне бо тағйирёбии концентратсия тағйир меёбад. Бинобар ин дараҷаи диссотсиатсияи электролитҷои қавӣ, ки таҷрибавӣ муайян карда шудааст, ҳақиқӣ намебошад.

Дар вақти таҳлили оптикӣ ва спектралӣ маҳлулҳои электролитҷои қавӣ молекулаҳои нейтрал мушоҳида карда намешаванд. Тадқиқи рентгенографии электролитҷои қавӣ дар ҳолати беоҷи сохтори ионӣ онҳоро нишон додаст. Масалан, кристаллҳои NaCl аз молекулаҳо не, балки аз ионҳои Na<sup>+</sup> ва Cl<sup>-</sup> ташкил ёфтаанд, бинобар ба чунин ҳулоса омадан мумкин, ки онҳо дар вақти ҳалшавӣ ионҳои Na<sup>+</sup> ва Cl<sup>-</sup> - ро ҳосил мекунанд, на балки молекулаҳоро.

Натиҷаи тадқиқотҳоро ба ҳисоб гирифта ба чунин ҳулоса омадан мумкин, ки дараҷаи диссотсиатсияи электролитҷои қавӣ ба 100 баробар шуданаш мумкин.

Аммо натиҷаи таҷрибаҳо нишон медиҳад, ки дараҷаи диссоциатсияи ягон электролит ба 100 баробар нест (ҷадвали 14).

Ҷадвали 14

**Дараҷаи диссоциатсияи баъзе электролитҳо  
(концентратсияи маҳлулҳо,  $C=0,1N$ )**

Электролит	$\alpha, \%$	Электролит	$\alpha, \%$	Электролит	$\alpha, \%$
HCl	92	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,17	NH <sub>4</sub> OH	1,3
HBr	92	CH <sub>3</sub> COOH	1,3	NaCl	64
HJ	92	HCN	0,001	KCl	86
HF	85	HClO <sub>4</sub>	92	NH <sub>4</sub> Cl	85
HNO <sub>3</sub>	92	NaOH	91	KNO <sub>3</sub>	83
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	58	KOH	91	HgCl <sub>2</sub>	<3
H <sub>2</sub> S	0,07	Ba(OH) <sub>2</sub>	77	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	<3

Чӣ тавре, ки дида мешавад, дараҷаи диссоциатсияи электролитҳои қавӣ ба 100 баробар нест.

Ин номувофиқро танҳо дар соли 1923 Дебай ва Хюккел фаҳмонидаанд. Онҳо ба илм назарияи электролитҳои қавиро дохил намуда, онро ба назарияи диссоциатсияи электролитии Аррениус мувофиқ кунонидаанд. Моҳияти ин назария чунин аст, ки дар маҳлулҳои электролитҳои қавӣ концентратсияи ионҳо хеле ҳам калон аст. Дар маҳлул, ионҳои додасуда, бо атмосфераи зичи ионҳои дигарзаряда ихота шудаанд ва бинобар ҳаракати ионҳо аз таъсири қувваҳои электростатикӣ хеле душвор буда, маҳсулнокии ингуна ҳаракати ионҳо кам мешавад.

Ғайр аз он аз ҳисоби зарядҳои гуногуннома дар маҳлул асосиатҳо ё чуфти ионҳо ҳосил мешаванд, ки онҳо дар навбати худ аз таъсири диполҳои молекулаи об тақсим шуданашон мумкин. Ҳар як ион ғайр аз пардаи гидратӣ инчунин бо атмосфераи ионӣ ихота шудааст. Ғайр аз он гузафтани реаксияҳои изофагӣ ва ҳосилшавии ионҳои таркибашон гуногун имконпазир мебошад.

Барои миқдоран ба ҳисоб гирифтани ин ҳодисот дар илм мафҳуми концентратсияи фаъоли ионҳо ё худ «фаъолнокии ионҳо» ( $\alpha$ ) дохил карда шудааст. Масалан, фаъолнокии  $\text{HCl}$  дар маҳлули  $0,1\text{N}$  ба  $0,0814$  баробар аст. Ин он маъноро дорад, ки ионҳои  $\text{H}^+$  ва  $\text{Cl}^-$  дар реаксияҳои химиявӣ чунин рафтор мекунад, ки гуё концентратсияи  $\text{HCl}$   $0,1\text{N}$  нею балки  $0,0814\text{N}$  бошад. Таносуби фаъолноки ба концентратсияи ҳақиқии ион коэффитсиенти фаъолноки  $f_a$  номида мешавад.

Барои мисоли оварда шуда, вай чунин аст:

$$f_a = \frac{0,0814}{0,1} = 0,814.$$

Ба таври умумӣ фаъолнокиро ба  $d$  ва концентратсияи маҳлулро ба  $C$  ифода намуда, чунин муодиларо ҳосил карда метавонем:

$$f_a = \frac{d}{C},$$

ки аз ин ҷо

$$d = f_a \cdot C.$$

Ҳамин тавр, фаъолнокии ион ба ҳосили зарби концентратсияи он ба коэффитсиенти фаъолнокии дахлдор баробар аст.

Коэффитсиенти фаъолноки  $f_a$  аксар аз 1 қам мебошад, чунки камшавии таъсири эффективии ионҳоро нишон медиҳад. Дар вақти сероб намудани маҳлул концентратсияи ионҳо кам шуда, боҳамтаъсиркунии онҳо ҳам суст мешавад ва  $f_a$  ба 1 наздик шуданаш мумкин.

Коэффитсиенти фаъолнокиро дар асоси бузургии “қувваи ионии” маҳлул муайян кардан мумкин. Қувваи ионии маҳлул- ин ченаки шиддатноки майдони электрикис мебошад, ки ионҳоро дар маҳлул ҳосил мекунад. Қувваи ионии маҳлул ба ҳосили зарби суммаи молялнокии ҳар як ионии  $m_i$  (адади молҳои ионҳо ба  $1000\text{г}$  ҳалкунанда) ба квадрати валентнокии ионҳо  $Z_i$  баробар мебошад:

$$j = \frac{1}{2} \sum m_i \cdot z_i^2.$$

Логарифми коэффициентсенти фаълнокии электролити қавӣ ба решаи квадратии қувваи ионии маҳлул  $\sqrt{j}$  вобастагии хаттӣ дорад:

$$Lqf = -A\sqrt{j}.$$

Ҳар қадар, ки қувваи ионии маҳлул зиёд бошад, коэффициентсенти фаълноқӣ ҳамон қадар кам аст. Дар асоси маҳфуми фаълноқӣ барои диссоциатсияи HCl, константаи диссоциатсияи ҳақиқии HCl бо ёрии муодилаи зерин муайян карда мешавад:

$$K_g = \frac{\alpha_{Cl^-} \cdot \alpha_{H^+}}{\alpha_{HCl}},$$

ки дар ин ҷо  $\alpha_{Cl^-}$ ,  $\alpha_{H^+}$  ва  $\alpha_{HCl}$  фаълнокии ионҳои Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup> ва молекулаи HCl мебошад.

Ҳамаи константаҳои диссоциатсия, ки бе ба ҳисобгирии фаълнокии ионҳо муайян карда шудаанд, константаҳои тахминӣ номида мешаванд.

Дар замони ҳозира маҳфуми фаълноқӣ инчунин барои электролитҳои заиф ҳам истифода бурда мешавад.

Масалан, барои маҳлули CH<sub>3</sub>COOH константаи диссоциатсияи кислотаи атсетат чунин муайян карда мешавад:



$$K_a = \frac{a_{H^+} \cdot a_{CH_3COO^-}}{a_{CH_3COOH}} = 1,74 \cdot 10^{-5}.$$

$K_a$ -константаи термодинамикии диссоциатсия буда, аз консентратсияи кислота ва аз мавҷудияти дигар ионҳо вобастагӣ надорад. Гап дар он аст, ки ба маҳлули кислотаи атсетат илова намудани электролити қавӣ CH<sub>3</sub>COONa мувозинатро лағжонида, константаи ионизатсияи CH<sub>3</sub>COOH-ро паст мекунад. Аз сабаби мавҷуд будани электролити қавӣ бузургии дараҷаи диссоциатсияи CH<sub>3</sub>COOH дар асоси муодилаи муқаррарӣ

$$K_c = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}.$$

натичаи дуруст дода наметавонад, чунки вай ба қувваи ионии маҳлул, мавҷудияти равандҳои иловагӣ, ҳарорат ва ғайраҳо вобаста аст.

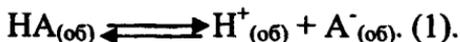
Константаи термодинамики  $K_a$  аз константаи оддии диссоциатсия  $K_c$  чунин фарқ дорад, ки дар иштироки электролитҳои қавӣ ҳам доимӣ мемонад.

## 9.5. ДИССОЦИАТСИЯИ КИСЛОТАҲО, АСОСҲО ВА НАМАҚҲО

Аз рӯи таълимоти назарияи диссоциатсияи электролити ба кислотаҳо, асосҳо ва намақҳо чунин тавсиф додан мумкин.

Кислота гуфта, пайвастагиеро меноманд, ки агар дар вақти ҳалшавиаш ионҳои гидроген ҳосил шаванд.

Дар маҳлулуҳои обӣ барои кислотаҳо, ки формулаи умумии  $HA$  доранд, чунин муодилаи диссоциатсияро навиштан мумкин:



Константаи диссоциатсияи реаксияи (1), миқдоран бо чунин муодила ифода меёбад:

$$K_{HA} = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}.$$

Аз рӯи қадвалҳои, ки дар онҳо бузургиҳои константаҳои диссоциатсияи кислотаҳо ҳам оварда шудаанд, ба чунин ҳулоса омадан мумкин, ки устувории кислотаҳо гуногун аст.

Масалан, обро нисбат ба кислотаҳои дигар кислотаи заиф номидан мумкин ( $K_{H_2O} = 1,8 \cdot 10^{-16}$ ). Бинобар бояд об нисбат ба дигар кислотаҳо қараёни электрикиро камтар гузаронад, ё худ руҳи металл бо он бояд дар вақти гарм намудан бо реаксия дохил шавад ва ғайраҳо. Ҳамин тавр, кислотаҳо вобаста ба қувваи худ бо дараҷаҳои гуногун диссоциатсия мешаванд.

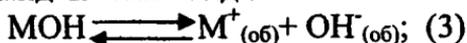
Аммо, ҳамаи онҳо дар маҳлулуҳои обӣ ионҳои гидроген  $H^+$  ва боқимондаи кислотагиро  $A^-$  чудо мекунанд.

Асосҳо пайвастагиҳое мебошанд, ки агар дар вақти ҳал шуданашон ионҳои  $\text{OH}^-$  - ро ҷудо кунанд:

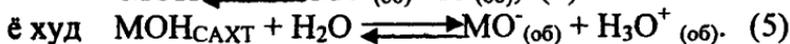


Асосҳо ҳам ба монанди кислотаҳо қавӣ ва заиф шуданашон мумкин. Вобаста ба қувваашон диссоциатсияи асосҳо чунин шуданаш мумкин:

1. Бо кандашавии банди М-ОН.

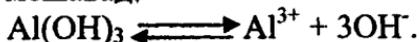


2. Бо кандашавии банди МО-Н;



Асосҳои қавӣ гидроксидҳои Na ва Ca дар маҳлулҳои обӣ бо ионҳои металл ва гуруҳи гидроксил диссоциатсия мешаванд.

Гидроксиди алюминий  $\text{Al}(\text{OH})_3$  дар муҳити обӣ бад ҳалшавада аст, аммо дар муҳити кислотагӣ мувофиқи муодилаи (3) диссоциатсия мешавад:



Гидроксиди алюминий  $\text{Al}(\text{OH})_3$  дар муҳити маҳлулҳои ишқорӣ баланд инчунин ба  $\text{OH}^-$  гуруҳҳо ҳам ба реаксия меравад:



Аз ҳамин сабаб гидроксиди алюминийро гидроксиди амфотерӣ меноманд, чунки вобаста ба шароит вай метавонад нақши кислота ё худ асосро иҷро кунад.

Хосиятҳои кислотагӣ ё асосии пайвастагиҳои намуди  $\text{MOH}$  ба бузургии қувваҳои вобаста аст, ки бо ёрии онҳо элемент M электронҳоро дар худ нигоҳ дорад (энергияи ионнокшавӣ, қаробат ба электрон).

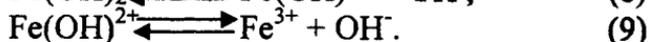
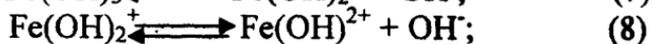
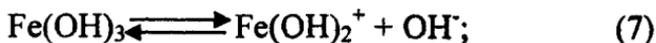
Масалан, металлҳои Na ва Ca барқароркунандаҳои пурқувват мебошанд, яъне энергияи ионнокунӣ ва қаробати камтаринро бо электронҳо доранд. Бинобар атомҳои ин элементҳо электронҳои худро бо осонӣ ба оксиген, ки дар пайвастагии  $\text{MOH}$  дохил аст, медиҳанд. Оксиген бошад, дар навбати худ протонро ( $\text{H}^+$ ) нисбат ба Na ва Ca дида

мустаҳкамтар нигоҳ медорад, бинобар бандҳои Na-O ва Ca-O, дар пайвастагиҳои MOH, нисбат ба бандҳои H-O дида, бо осонӣ канда мешаванд. Ҳамин тавр, асосҳои NaOH ва Ca(OH)<sub>2</sub> асосҳои қавӣ мебошанд.

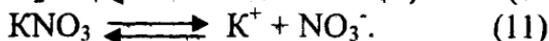
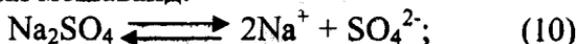
Бузургии энергияи ионнокшавии Al нисбат ба Na ва Ca дида зиёдтар аст, бинобар вай электронҳои валентии дуйум ва сеюмро мустаҳкам нигоҳ медорад. Аз ин ҷо бо чунин хулоса омадан мумкин, ки гидроксиди алюминий ба монанди NaOH ва Ca(OH)<sub>2</sub> қавӣ нест. Атоми Al метавонад электронҳоро аз оксиген то як дараҷа ба тарафи худ кашад, ки ин ҳодиса дар навбати худ ба суфт шудани қобилияти онҳоро нигоҳ доштани оксиген меорад. Ҳамин тавр, тақсимшавии электронҳо дар Al(OH)<sub>3</sub> чунин аст, ки вай метавонад ё протонро ба худ пайваस्त кунад (нақши асосро мебозад), ё худ бо OH<sup>-</sup> гурӯҳҳо таъсир намояд (нақши кислотаро мебозад).

Дар сурати зиёдшавии энергияи ионнокшавии атоми элементи M пайвастагии MOH бештар хосиятҳои асосии худро паҳн намуда, хосиятҳои кислотагиро зиёд менамояд. Яқбора бо зиёдшавии қуввае, ки атом бо ёрии он электронро дар худ нигоҳ медорад, банди O-H суфт шуданаш мумкин ва бинобар дар ин ҳолатҳо пайвастагиҳои MOH бештар хосияти кислотагиро зоҳир менамоянд.

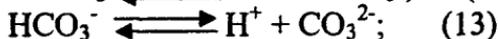
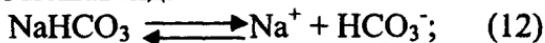
Асосҳое, ки дар молекулаҳои якҷанд гурӯҳҳои гидроксидӣ доранд бо таври зинагӣ диссоциатсия шуданашон мумкин:



Мувофиқи назарияи диссоциатсияи электролитӣ намакҳо моддаҳои мебошанд, ки дар вақти ҳалшавиашон катионҳо ва анионҳоро ҳосил мекунанд. Дар маҳлулҳои обӣ намакҳо асосан бо катионҳои металл ва анионҳои боқимондаи кислотагӣ диссоциатсия мешаванд:



Бояд қайд кард, ки намақҳои турш ва асосӣ бо таври зинагӣ диссоциатсия мешаванд:



Дар ҳамаи ин реаксияҳои ионии овардашуда (1-15) ионҳои ҳосилшуда амалан гидратнок мебошанд, яъне онҳо бо миқдорҳои гуногуни молекулаҳои об иҳота шудаанд.

Азбаски мо миқдори ин молекулаҳои обро дуруст муайян намуда наметавонем, бинобар ҳамаи ионҳо дар шакли озод навишта шудаанд.

Аз ҳамин сабаб гуфтан мумкин: муодилаҳои диссоциатсияҳои дода шуда барои он дуруст мешаванд, ки онҳо раванди диссоциатсияро, яъне пайдошавии ионҳоро, дуруст нишон медиҳанд. Ин муодилаҳо аниқ намебошанд барои он, ки онҳо гидрататсияи ионҳоро нишон намедиҳанд.

## 9.6. АҚИДАҲОИ ҲОЗИРАЗАМОН ОИД БА КИСЛОТАҲО ВА АСОСҲО

Дар классификатсияи (таснифи) умумии пайвастагиҳои ғайриорганикӣ, мувофиқи назарияи диссоциатсияи электролитӣ, кислотаҳо ва асосҳо аз якдигар бо қобилияти донорӣ протонҳо ё гурӯҳҳои гидроксил будан, фарқ мекунанд. Аммо бояд қайд кард, ки ҳар як модда вобаста ба шароит метавонад хосиятҳои тамоман акси якдигарро зоҳир намояд. Масалан, хосияти амфотерии баъзе гидроксидҳо сарҳади байни кислотаҳо ва асосҳоро тамоман нест мекунад. Маълум аст, ки вобаста ба ҳалкунанда, ки нисбат ба протон қаробатҳои гуногун дорад, қувваи кислотаҳо, яъне қобилияти протон додани онҳо, тағйир меёбад. Исбот карда шудааст, ки дар маҳлули кислотаи хлорат дошта, кислотаҳои нисбатан заиф (нисбат ба муҳит), масалан, кислотаи фосфат, нақши кислотаро не, балки нақши асосро иҷро мекунанд. Кислотаи перхлорат ( $\text{HClO}_4$ ) дар

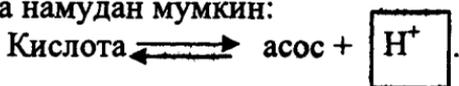
байни кислотаҳои оксигендор ягона кислотаест, ки қобилият дорад бо кислотаҳои дигар намак ҳосил кунад. Дар ин ҷо кислотаҳои заиф нисбат ба кислотаи хлорат нақши асосҳоро иҷро мекунанд. Дар ин реаксияҳо кислотаҳои заиф аз таъсири кислотаи хлорат ба катионҳо табдил меёбанд:



Ҳамин тавр, ки барои ҳалкунандаҳои ғайриоби муайян кардани кислотаҳо ва асосҳо ҳамчун моддаҳои протон ё гидроксид диҳанда, мувофиқ намеоянд. Барои бартараф намудани ин номувофиқӣ якчанд назарияҳо пешниҳод карда шудаанд. Аз ҳама паҳншудатарини онҳо назарияи Бренстед- Лоури мебошад.

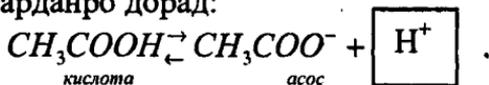
Дар соли 1923 олимони Бренстед ва Лоури оид ба кислотаҳо ва асосҳо чунин таърифотро пешниҳод намудаанд: Кислотаҳо моддаҳое мебошанд, ки дар шароити мазкур қобилияти протон гум кардан (додан) доранд.

Агар мо протонро шартан ба аломати  $\boxed{\text{H}^+}$  ишора намоем, онгоҳ алоқамандии байни кислота ва асосро чунин ифода намудан мумкин:

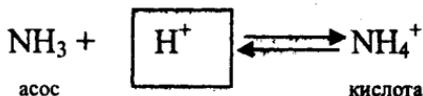


Ҳамин тавр мафҳуми ҷуфти кислотагӣ- асосӣ ба миён меояд. Бешубҳа ингуна муайянкунандагии кислотаҳо ва асосҳо, нисбат ба назарияи классикӣ дида, хеле ҳам васеъ мебошад.

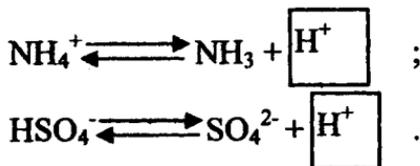
Масалан, кислотаи сирко (атсетат) мувофиқи таълимоти Бренстед ҳам кислота шуда метавонад, чунки вай қобилияти протон берун карданро дорад:



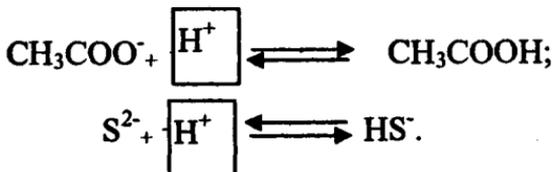
Аммиак бошад, мувофиқи назарияи Бренстед ҳам асос шуда метавонад, чунки вай қобилияти протон қабул карданро дорад:



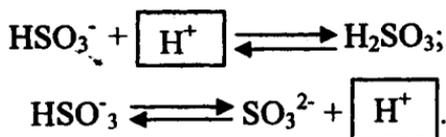
Аммо мувофиқи назарияи Бренстед бо кислотаҳо на танҳо молекулаҳо балки ионҳо, ки қобилияти протон доданро доранд, мисол шуда метавонанд.



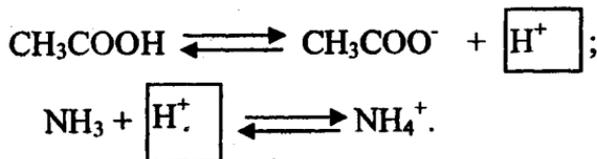
Дар навбати худ ионҳо, ки қобилияти протон қабул карданро доранд, асос шуда метавонанд:



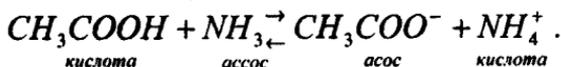
Мувофиқи таълимоти Бренстед баъзе ионҳо ё молекулаҳо вобаста ба шароит метавонанд ҳам кислота ва ҳам асос шаванд:



Азбаски протонҳо дар маҳлул мустақилона вучуд дошта наметавонанд, бинобар раванди ҷудошавии протон аз кислотаҳо бояд ҳама вақт дар якҷоягӣ ба раванди қабул шудани онҳо гузарад. Масалан, реаксияи бо ҳамтаъсиркунии кислотаи атсетат ва аммиахро чунин ифода намудан мумкин:

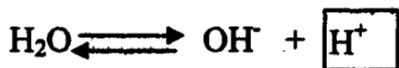


Дар натиҷа реаксияи нейтрализатсия ба амал меояд:

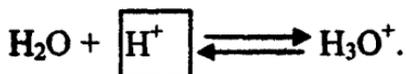


Дар ҳар ҷуфти кислотагӣ-асосӣ ба кислотаи қавӣ асоси заиф ва ё баръакс мувофиқ шуданаш лозим. Масалан, ба кислотаи заифи  $\text{CH}_3\text{COOH}$  асоси қавии  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  мувофиқ меояд, ки вай протонҳоро хеле ғаёлона қабул менамояд, ё худ ба асоси қавии  $\text{NH}_3$  кислотаи заифи  $\text{NH}_4^+$  рост меояд. Аз рӯи гуфтаҳои боло амал карда истода, ба ғаҳмонидани равандҳои дар маҳлулҳо ҷой дошта наздик шудан мумкин. Агар ҳалкунанда об бошад, пеш аз ҳама ба хусусияти духелагии он, ҳамчун электролит, диққат додан зарур аст.

Об метавонад кислота бошад, чунки протон медиҳад:



ва асос бошад, чунки протон қабул мекунад:



Ҳар ду ин муодиларо якҷоя намуда, чунин муодиларо ҳосил мекунем:



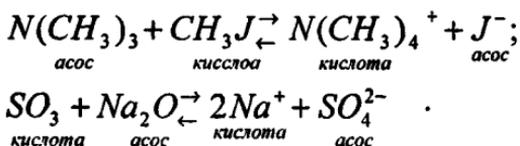
Дар ҳамин асос барои ҳосиятҳои духелагии кислотаи атсетат ва аммиак чунин навиштан мумкин:



Мувофиқи назарияи Бренстед чунин пайвастагӣҳоро, ки метавонанд якбора ҳам кислота ва ҳам асос бошанд, пайвастагӣҳои амфипротӣ меноманд.

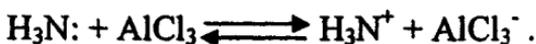
Аммо чунин мисолҳои овардан мумкин, ки дар онҳо ҳосияти кислотагиро молекулаҳои протон ( $\text{H}^+$ ) надошта ҳам иҷро карда метавонанд.

Масалан:



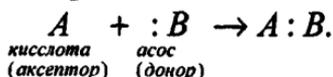
Бинобар ин Усанович ингуна ҳолатҳоро ба ҳисоб гирифта, ақидаи Бренстед- Лоуриро оид ба кислотаҳо ва асосҳо инкишоф дод. Мувофиқи назарияи Усанович: кислота- ин моддаест, ки катионҳоро (аз он ҷумла протон) аз худ берун карда, анионҳоро (аз он ҷумла электрон) ба худ пайваст мекунад: асос- моддаест ки анионҳоро (аз он ҷумла электрон) ба худ пайваст мекунад. Дар соли 1938 Люис муайянкунии нисбатан умумии кислотаҳо ва асосҳоро пешниҳод намуд. Мувофиқи назарияи Люис кислотаҳо моддаҳои мебошанд, ки қобилияти қабул намудани ҷуфти электронҳоро доранд ва асосҳо моддаҳои мебошанд, ки қобилияти додани ҷуфти электронҳоро доранд.

Масалан:

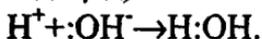


Дар ин ҷо молекулаҳои аммиак, ки ҷуфти тақсимнашудаи электронҳоро дорад нақши асосро бозида, молекулаи хлориди алюминий бошад, нақши кислотаро иҷро менамояд.

Бо намуди умумӣ назарияи Люис барои реаксияҳои кислотагӣ- асосӣ чунин ифода меёбад:



Моддаҳои, ки Аррениус ба қатори кислотаҳо ва асосҳо дохил менамуд, мувофиқи назарияи Люис ҳам (чӣ тавре, ки реаксияи нейтрализатсия нишон медиҳад) кислота ва асос мебошанд:



Мувофиқи назарияи кислотагӣ – асосии Люис ба кислотаҳо ионҳои металлҳоро ва инчунин пайвастагӣҳои  $BF_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $SO_3$  ва  $SiF_4$  ҳам, ки ҷуфтҳои электронҳоро қабул карда метавонанд, дохил намудан мумкин. Мувофиқи ин назария ба сифати асосҳо:

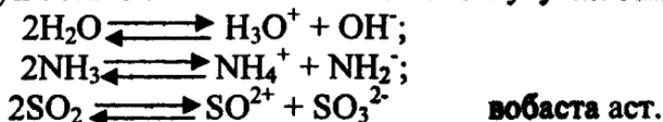
$H_2O$ ,  $:NH_3$ ,  $:CO$ ,  $:Cl^-$ ,  $:CN^-$ ,  $:OH^-$ ,  $:NO_2^-$  мисол шуда метавонанд.

Назарияи кислотагӣ- асосии Люис барои фаҳмидани таъсири донорӣ- актсепторӣ дар пайвастагиҳои координатсионӣ васеъ истифода бурда мешавад.

Аммо чунин таърифоти кислотаҳо ва асосҳо тадбиқи васеъ наётфаанд, чунки аз сабаби умумӣ будани он бисёр реаксияҳои химиявӣ мувозинатҳои кислотагӣ- асосӣ шуда мемонанд.

Олимон Кедӣ ва Элсӣ низ назарияи худро оид ба кислотаҳо ва асосҳо пешниҳод намуданд, ки мувофиқи он:

«Кислотаҳо- моддаҳои мебошанд, ки концентратсияи катионҳои барои ҳалқунандаи тоза хос бадаро зиёд менамоянд» ва «асосҳо- моддаҳои мебошанд, ки онҳо концентратсияи анионҳои барои ҳалқунандаи тоза хос бударо зиёд менамоянд». Одатан ҳалқунандаҳои муқаррарӣ электрикгузаронии на он қадар калонро доранд, чунки ин хосият ба ионнокшавии хусусии онҳо



Пирсон дар соли 1968 мафҳуми кислотагиро ба металлҳо ва мафҳуми асосиро ба ғайриметаллҳо паҳн намуд.

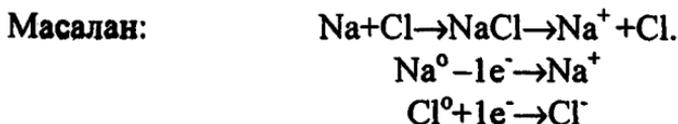
Маълум аст, ки металлҳо ба оилаҳои металлҳои ишқорӣ, ишқорзаминӣ, гузаранда ва инчунин лантаноидҳою актиноидҳо тақсим мешаванд. Мувофиқи таълимоти Пирсон металлҳо ба гурӯҳҳои «а» (металлҳои электромусбии ишқорӣ, ишқорзаминӣ, металлҳои қатори якуми элементҳои гузаранда ва инчунин лантаноидҳою актиноидҳо), ки кислотаҳои нарм номида мешаванд ва гурӯҳи «б» (элементҳои d- и гузарандаҳо бо яқҷанд d электронҳои берун аз пардаи гази инертӣ), ки кислотаҳои дурушт номида мешаванд, тақсим шуданашон мумкин.

Металлҳои гурӯҳи «а» (кислотаи нарм) бо атомҳои P, S ва J, ки асосҳои нарм мебошанд таъсир менамоянд. Металлҳои гурӯҳи «б» (кислотаҳои дурушт) бо атомҳои N, O ва F, ки асосҳои дурушт мебошанд таъсир менамоянд.

Дар вақти таъсири кислотаи нарм бо асоси нарм ва кислотаи дурушт ба асоси дурушт пайвастагиҳои устувортарин (аз он ҷумла координатсионӣ) ҳосил шуданашон мумкин.

## 9.7. ХОСИЯТҲОИ ИОНҲО

Ионҳо- ҳиссачаҳои заряднок буда, аз атомҳо (ё гурӯҳи атомҳо) дар натиҷаи додан ё қабул кардани электронҳо ҳосил мешаванд.



Чӣ тавре, ки дида мешавад иони натрий  $\text{Na}^+$  дар натиҷаи додани як электрон ҳосил шудааст, бинобар бузургии заряд ба 1 баробар буда, аломаташ мусбӣ (+) аст, иони  $\text{Cl}^-$  бошад дар натиҷаи қабул намудани як электрон ҳосил шудааст, бинобар зарядаш манфӣ (-) буда, бузургияш ба 1 баробар аст.

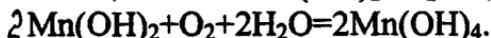
Табдил ёфтани атомҳои нейтрал ба ионҳо ба тағйирёбии тамоми хосиятҳои онҳо: заряд, радиус, сохти пардаи электронӣ, ранг ва ғайраҳо меоварад. Маҷмуи хосиятҳои номбаршуда ғазолнокии иони ҳосилшударо муайян мекунад. Дар маҳлулҳо ионҳо метавонанд содда ва мураккаб бошанд. Ионҳои содда танҳо аз як намуди атомҳо ташкил ёфтаанд:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ .

Ионҳои мураккаб бошанд, аз атомҳои якчанд элементҳо ташкил ёфтаанд ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  ва ғайраҳо). Дар ионҳои содда бузургиҳои заряд, дараҷаи оксидшавӣ ва валентнокии элемент ба якдигар мувофиқ меоянд. Масалан, дар вақти ҳосилшавии иони  $\text{Na}^+$  атоми элементи натрий як электрон дода, зарядаш  $1+$ , дараҷаи оксидшавии  $+1$  мешаванд ва бинобар натрий дар ин ҳолат  $1$  валента аст. Ё худ дар иони  $\text{S}^{2-}$  ҳам, дараҷаи оксидшавӣ ба заряд ва валентнокии элементи сулфур, дар ҳамин ҳолат, мувофиқ меояд.

Дар ионҳои мураккаб бошад бузургиҳои дараҷаи оксидшавӣ, заряд ва валентнокии аксаран ба якдигар мувофиқ намеоянд. Масалан, ионҳои  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  ва  $\text{S}^{2-}$  дар маҳлул як хел заряд доранд, ки ба  $2-$  баробар аст. Аммо дараҷаи оксидшавии сулфур дар  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  ва  $\text{S}^{2-}$  мувофиқан ба  $+6$ ,  $+4$  ва  $-2$

баробар аст. Ҷй тавре, ки дида мешавад, дар ин ионҳо валентнокиашон ҳам аз якдигар фарқ мекунанд.

Ҷамин тавр, дараҷаи оксидшавии оҳан дар ионҳои  $Fe^{2+}$  ва  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  ба +2 баробар бошад ҳам, бузургҳои зарядҳои ионҳо ба якдигар мувофиқ намеоянд (дар  $Fe^{2+}=2+$  дар  $[Fe(CN)_6]^{4-}=4-$ ). Ионҳои содда ва мураккаб танҳо барои зарядҳои (валентнокиҳои)-2, -1, +1, +2, +3 ва +4 маълум мебошанд. Ионҳое, ки валентнокиашон аз ин зарядҳо дида баландтар аст, ё пайвастагиҳои комплекси ҳосил мекунанд  $-[Cr^{+6}O_4]^{2-}$ , ё пайвастагиҳои қутбнок  $[N^3H_3]$ . Заряди ионҳо барои хосиятҳои химиявии онҳо хеле ҳам аҳамияи калон дорад. Ионҳои элементҳои гуногуни ҷадвали даврӣ, ки як хел мебошанд, хосиятҳои химиявии яхеларо зоҳир мекунанд. Масалан, иони  $Mn^{2+}$  бо хосиятҳои худ бештар ба иони  $Fe^{2+}$  монанд буда, аз иони  $Mn(VII)$  дар  $MnO_4^-$  хеле ҳам фарқи калон дорад. Тағйирёбии заряд инчунин ба тағйирёбиҳои физикавӣ ва химиявӣ оварданаиш мумкин. Масалан, намакҳои иони  $Mn^{2+}$  дошта рангашон бунафш буда, хосияти асосиро зоҳир мекунанд, барқароркунандаи пурқувват мебошанд:



Пайвастагиҳои иони  $Mn(VII)$  дошта намакҳои кислотаи перманганат  $HMnO_4$  буда, ранги нофармонро (нилобиро) доранд, хосияти оксидкунандагиро зоҳир мекунанд. Ионҳои заряди баланд дошта ҷараёни электрикиро хубтар мегузаронанд. Бинобар электрикузаронии ионҳои дувалента нисбат ба ионҳои яквалента дида калонтар мебошад.

Маълум аст, ки дар маҳлулҳои обӣ ионҳо гидратнок мешаванд. Гидратнокшавии ионҳо ба ҳаракати онҳо, ки омили муҳимтарини электрикузаронӣ мебошад, таъсири калон мерасонад. Ҷй қадар, ки гидрататсия калон бошад ҳамон қадар ҳаракати ионҳо суст мешавад, ки ин ба камшавии электрикузаронӣ меоварад.

Зиёдшавии консентратсияи маҳлул ҳам ба сустшавии ҳаракати онҳо меоварад, баландшавии ҳарорат бошад ин

ҳаракатро зиёд мекунад. Тағйирёбии ҳаракати ионҳо (вобаста ба шароит) ба таъсири байни ионҳо ҳам алоқаманд мебошад (ғайр аз гидрататсия). Ин таъсири ионҳо хусусияти электростатикиро дорад. Таъсири электростатикии ионҳо дар маҳлул ба бузургии заряди ионҳо вобаста буда, ба табиати ионҳо вобаста нест. Дар маҳлулҳои сероб фазолнокии ионҳо нисбат ба маҳлулҳои баландконцентратсия дида зиёдтар аст. Бинобар бо серобшавии маҳлул ва баландшавии ҳарорат ҳаракати ионҳо зиёд мешавад.

Дар маҳлулҳои концентратсияшон баланд одатан қувваи электростатикии теладиҳӣ дар байни ионҳои ҳамном зиёдтар аст. Ғайр аз ин ҳодисоти бо ҳам кашиши ионҳои гуногуннома ба вайроншавии пардаи солватӣ (ё гидрати) онҳо, ҷой доштаниш мумкин. Ингуна ионҳо «ҷуфти ионӣ» ҳосил намуда, рафтори мустақилона доранд. «Ҷуфтҳои ионӣ» аз «молекулаҳои ионӣ» фарқи калон доранд, дар онҳо алоқаи бевоситаи ионҳо ҷой надорад, чунки дар байни ин ионҳо камаш ягон молекулаи об буданиш мумкин. Одатан чунин «ҷуфти ионӣ»-ро ионҳои бисёрзаряда ҳосил карданишон мумкин.

Ионҳо ба хосияҳои ҳеле муҳим соҳиб мебошанд, ки аз онҳо дар амалия васеъ истифода мебаранд. Ионҳо қобилият доранд дар сатҳи баъзе таҳшинҳо адсорбсия шаванд. Масалан, дар вақти барзиёдии  $\text{HCl}$ , дар системаи таҳшини  $\text{AgCl}$  дошта, таҳшини  $\text{AgCl}$  метавонад ионҳои  $\text{Cl}^-$ -ро адсорбсия намояд, дар вақти барзиёдии  $\text{AgNO}_3$  дар ҳамин система таҳшини  $\text{AgCl}$  метавонад ионҳои  $\text{Ag}^+$ -ро адсорбсия кунад. Чунин хосияти адсорбсияшавии ионҳо дар амалияи ҳосил шудани пайвастагиҳои тоза ба ҳисоб гирифта мешавад. Баъзе хосиятҳои ионҳо инчунин дар организми зинда ҳам аҳамияти калон доранд. Масалан, мо бо ёрии хӯрок ионҳои  $\text{Na}^+$  ва  $\text{Cl}^-$ -ро истеъмол менамоем, ки онҳо барои равандҳои биологии организм, ҳазми хӯрок ҳеле ҳам аҳамияти калон доранд. Дар таркиби гемоглобин иони оҳан ва дар таркиби хлорофил иони магний мавҷуд ҳастанд, ки онҳо барои функсияи муътадили гемоглобину хлорофилл аҳамияти беҳамто доранд.

Ҳамин тавр, ҳар як ион новобаста ба шаклҳои аввалааш (гирифташудааш) хосиятҳои ба худ хосро зоҳир мекунад. Масалан, мо маҳлули кадом кислотаеро, ки нагирем вай ранги лакмусро сурх мекунад, ба маҳлул мазаи турш медиҳад, чунки ин ҳодисот ба дар маҳлул мавҷуд будани ионҳои  $H^+$  вобаста аст ва ғайраҳо.

Дар ҷадвали 15 номгӯй ва хосиятҳои баъзе ионҳо ҷамъ оварда шудаанд.

Ҷадвали 15

### Ионҳо ва баъзе хосиятҳои онҳо

№ тар т	Номи ионҳо	Формулашон	Рангашон	Конфигурацсияи электронии қабаати берунаи атом	Конфигурацсияи электронии қабаати берунаи ион
1.	Гидроген	$H^+$	Беранг	$1S^1$	$1S^0$
2.	Гидроксил	$OH^-$	Беранг	$2S^2 2P^4$	$2S^2 2P^5$
3.	Литий	$Li^+$	Беранг	$2S^1$	$2S^0$
2.	Натрий	$Na^+$	Беранг	$3S^1$	$3S^0$
3.	Магний	$Mg^{2+}$	Беранг	$3S^2$	$3S^0$
4.	Барий	$Ba^{2+}$	Беранг	$6S^2$	$6S^0$
5.	Амоний	$NH_4^+$	Беранг	$2S^2 2P^3$	$2S^2 2P^6$
6.	Мис (I)	$Cu^+$	-	$3d^{10} 4S^1$	$3d^{10} 4S^0$
7.	Мис (II)	$Cu^{2+}$	Кабуд	$3d^{10} 4S^1$	$3d^9 4S^0$
8.	Оҳан (II)	$Fe^{2+}$	Сабз	$3d^6 4S^2$	$3d^6 4S^0$
9.	Оҳан (III)	$Fe^{3+}$	Зард	$3d^6 4S^2$	$3d^5 4S^0$
10.	Манган (II)	$Mn^{2+}$	Бунафш	$3d^5 4S^2$	$3d^5 4S^0$
11.	Манган (VII)	$MnO_4^+$	Нофармон	$3d^5 4S^2$	$3d^0 4S^0$
12.	Хром (III)	$Cr^{3+}$	Сабз	$3d^4 4S^2$	$3d^3 4S^0$
13.	Рух	$Zn^{2+}$	Беранг	$3d^{10} 4S^2$	$3d^{10} 4S^0$
14.	Бихромат	$Cr_2O_7^{2-}$	Заъфарон	$3d^4 4S^2$	$3d^0 4S^0$
15.	Сулфат	$SO_4^{2-}$	Беранг	$3S^2 3P^4$	$3S^0 3P^0$
16.	Сулфит	$SO_3^{2-}$	Беранг	$3S^2 3P^4$	$3S^2 3P^0$
17.	Карбонат	$CO_3^{2-}$	Беранг	$2S^2 2P^2$	$2S^0 2P^0$
18.	Нитрат	$NO_3^{2-}$	Беранг	$2S^2 2P^3$	$2S^0 2P^0$
19.	Нитрит	$NO_2^-$	Беранг	$2S^2 2P^3$	$2S^2 2P^0$
20.	Фторид	$F^-$	Беранг	$2S^2 2P^3$	$2S^2 2P^6$
21.	Хлорид	$Cl^-$	беранг	$3S^2 3P^5$	$3S^2 3P^6$

## 9.8. РЕАКСИЯҶОИ ИВАЗИ ИОНӢ ИОНИТҶО

ЭлектролитҶо дар маҳлулҶо асосан бо намуди ионҶо мавҷуданд, бинобар реаксияҶо дар маҳлулҶо-ин реаксияҶои байни ионҶо мебошанд.

Моҳияти ингуна реаксияҶо он вақт фаҳмо мешавад, ки агар муодилаи онҶо бо намуди ионӣ навишта шавад.

Қоидаҳои навиштани муодилаҳои ионӣ чунин мебошанд.

Зиннаи 1. Муодилаи реаксия бо намуди молекулавӣ навишта мешавад.

Зиннаи 2. Муодилаи додашуда тавре навишта мешавад, ки ҳамаи электролитҳои қавӣ ва хуб ҳалшаванда бо намуди ионҶо ифода ёбанд.

Чунин тарзи навишти муодилаи реаксия-муодилаи ионии пурра номида мешавад.

Зиннаи 3. Дар тарафҳои чап ва рост муодилаи ионҳои дар реаксия иштирокнакунандаро аз ҳисоб мебароранд.

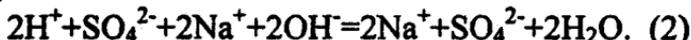
Зиннаи 4. Формулаҳои молекулаҳо ва ионҳои боқимондаро аз нав менависанд.

Ин муодилаи ҳосилшуда, муодилаи ионии мухтасар номида мешавад. Вай моҳияти реаксияи додашударо, бо ҳамтаъсиркунии ионҳои дахлдорро ва сабаби ба амал омадани реаксияро мефаҳмонад.

Масалан, реаксияи нейтрализатсияро дар ҳамин асос чунин навиштан мумкин:



Дар ин ҷо электролитҳои қавӣ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$  ва  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  мебошанд. Бинобар муодилаи иони пурраи ин реаксия чунин мешавад:



Дар ин реаксия, ҷӣ тавре, ки дида мешавад, ионҳои  $\text{Na}^+$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  амалан иштирок накардаанд (бе тағйир мондаанд). Бинобар баъд аз онҳоро ихтисор намудан, муодила чунин шаклро мегирад:



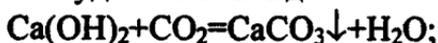
Яъне ин шакли кӯтоҳи муодилаи ионии реаксияи дода шуда буда, моҳияти асосии онро нишон медиҳад.

Ҳамин тавр, моҳияти реаксияи (1) дар бо ҳамтаъсиркунии ионҳои гидроген ва гидроксил будааст:  $H^+ + OH^- = H_2O$ . Ин реаксия аз он сабаб то ба охир меравад, ки дар натиҷаи он электролити амалан диссоциатсиянашаванда  $-H_2O$  ҳосил мешавад.

Моҳияти ҳамагуна реаксияҳои нейтрализатсияи байни кислотаю асосҳои қавӣ - ин реаксияи бо ҳамтаъсиркунии ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  мебошад. Ҳама вақт дар ин сурат миқдори якхелаи энергия  $56,984 \text{ кҶ/мол}$  ба 1 мол  $H_2O$  хориҷ мешавад, ки ин ба раванди  $H^+ + OH^- = H_2O + 56,984 \text{ кҶ/мол}$  мувофиқ меояд. Эффементи гармии реаксияи нейтрализатсия дар вақти таъсири электролитҳои заиф, ки амалан аз молекулаҳо иборатанд, тағйир ёфтаниш мумкин. Дар вақти ионнокшавии электролити заиф гармӣ метавонад хориҷ ё фуру бурда шавад. Яъне аз ин ҷо маълум мешавад, ки гармии нейтрализатсияи электролити заиф метавонад зиёд ва ё кам шавад. Ба ин гуна реаксияҳо инҳо мисол шуда метавонанд:

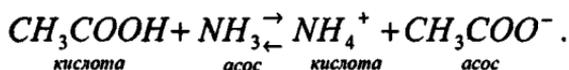


Ба реаксияҳои нейтрализатсия инчунин реаксияҳои байни гидроксидҳои оксидҳои кислотагӣ ва кислотаҳои оксидҳои металлҳо ҳам мисол шуда метавонанд:



Дар ҳамаи ин ҳолатҳо вақте ки ионҳои  $H^+$  бо ионҳои  $OH^-$  воমেҳуранд, онҳо пайваст шуда, молекулаи амалан диссоциатсиянашавандаи  $H_2O$  - ро ҳосил мекунанд. Дар натиҷа ҳосиятҳои "туршигии" ионҳои  $H^+$  (кислотаҳо) ва ҳосиятҳои "ишқории"  $OH^-$  (асосҳо) нест шуда, маҳлули ҳосилшуда ҳосияти "нейрал"-ро (бетараф) мегирад, ки ин ҳосияти оби тоза буда, ифодаи баробарии концентратсияҳои ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  мебошад. Реаксияи нейтрализатсия- яке аз намудҳои реаксияҳои ивази ионӣ мебошад.

Ҷар як реаксия байни кислотаю асос ин гузариши протон аз як электролит ба электролити дигар мебошад. Ионҳои гидроген  $H^+$  дар реаксияҳои нейтрализатсия- инҳо протонҳо мебошанд. Масалан:



Баъзе кислотаҳо ва асосҳо бо гузариши протон бо ҳам таъсир намуда, дар натиҷа кислота ва асоси навро ҳосил мекунанд.

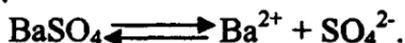
Дар реаксияи додашуда гузариши протон он маъноро дорад, ки дар молекулаи  $CH_3COOH$  банди химиявие, ки  $H^+$ -ро нигоҳ медошт канда шуда, дар молекулаи  $NH_4^+$  банди химиявии наво пайдо мешавад, ки дар асоси он  $H^+$  дар ин молекула нигоҳ дошта мешавад.

Аммо мувозинати реаксияи додашуда аз таъсири омилҳои беруна лағжиданаш мумкин. Дар он ҳолат протонҳо аз кислотаи  $NH_4^+$  ба асоси  $CH_3COO^-$  гузашта дар молекулаи ҳосилшудаи  $CH_3COOH$  банди устувори химиявиро ҳосил мекунанд. Агар банди химиявӣ дар кислотаҳо бо осонӣ канда шавад, ин қавигии кислотаро нишон медиҳад ва дар ин ҳолат мувозинат ба тарафи гузаштани протон аз кислота ба асос мелағжад. Масалан, агар дар ин реаксия ба ҷои кислотаи  $CH_3COOH$  кислотаи  $HCl$ -ро гирием, албатта мувозинати реаксия ба тарафи ҳосилшавии ионҳои  $NH_4^+$  лағжиданаш мумкин.

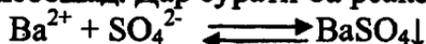
Реаксияҳои байни электролитҳо амалан дар он сурат ба охир мераванд, ки агар маҳсулоти реаксия аз муҳити он дур карда шавад. Маҳсулоти реаксия он вақт дур шуданаш мумкин, ки агар вай ба шакли газ, электролити заиф (камдиссоциатсияшаванда) ва таҳшинии бадҳалшаванда ҳосил шавад. Дар ин сурат моддаҳои барои реаксияи гирифташуда амалан пурра ба маҳсулоти реаксия табдил меёбанд. Маҳсулотҳои реаксия бошанд, байни худ бо ҳам амалан таъсир намекунанд, чунки барои ин дар ҳамин муҳит шароит нест.

Реаксияҳои химиявие, ки дар шароитҳои муайян танҳо ба як тараф мераванд, реаксияҳои барнагарданда ном доранд.

Реаксияҳои барнагардандаро бо як тирча ифода мекунад. Реаксияҳои мутлақ барнагарданда мавҷуд нестанд, чӣ хеле, ки моддаҳои мутлақ ҳалнашаванда ва диссоциатсиянашаванда шуда наметавонанд. Бинобар ин реаксияҳои барнагардандаро ҳам бо ёрии константаи мувозинат ифода менамоянд. Дар ҳолати тағйир ёфтани концентратсияи яке аз моддаҳои таъсиркунанда концентратсияи ҳамаи моддаҳои дигари система то андозае ҳам тағйир меёбад, вале константаи мувозинат бетағйир мемонад. Масалан, дар системаи дорои маҳлули сульфати барий бо таҳшиниаш, микромувозинати зерин ҷой доштаниш мумкин:



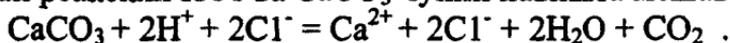
Зиёдшавии концентратсияи моддаҳои барои реаксия гирифташуда микромувозинатро ба тарафи ҳосилшавии миқдори нави маҳсулотҳои реаксия мелағжонад. Ба ҳамин тараф инчунин мувозинати химиявии умумии реаксияи баргарданда майл мекунад. Лағжиши мувозинати химиявӣ ин гузариш аз як ҳолати мувозинат ба ҳолати дигари он мебошад. Барои ба саволи «барои чӣ реаксияи додашуда ба ҳамин тараф меравад?» ҷавоб додан, бояд мо ба ин реаксия қонуни таъсири массаро татбиқ намоем. Мувофиқи ин қонун: суръати реаксияи рост (барнагарданда) ба ҳосили зарби концентратсияи компонентҳои бо ҳамтаъсиркунанда мутаносиби рост буда, суръати реаксияи чап (микромувозинат) ба концентратсияи маҳсулоти реаксия мутаносиби рост мебошад. Дар сурати ба реаксияи



татбиқ намудани қонуни таъсири масса, чунин гуфтан мумкин: сульфати барий пайвастагии бадҳалшаванда аст. Ҳалшавандагии вай дар маҳлули сер ба  $1 \cdot 10^{-5}$  мол/л баробар аст. Бинобар ин сульфати барийро амалан пурра аз мувозинат берун намудан мумкин аст. Ҳамаи ионҳои  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$ , ки дар маҳлули сер мебошанд, то имконият будан бо ҳам таъсир намуда ба шакли  $\text{BaSO}_4$  ба таҳшини мефарояд.

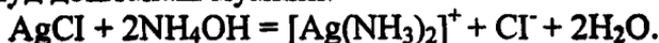
Мисоли дигар: ба карбонати калсий маҳлули кислотаи хлорид таъсир менамоянд. Маълум аст, ки  $\text{CaCO}_3$  моддаи

бадҳалшаванда аст, бинобар дар муодилаҳои ионии реаксияҳои химиявӣ онро ба шакли молекула менависанд. Кислотаи хлорид  $\text{HCl}$  электролити қавӣ аст ва бинобар ин онро дар ингуна реаксияҳо бо намуди ионҳо навиштан мумкин. Ҳамин тавр, муодилаи реаксияи  $\text{HCl}$  ва  $\text{CaCO}_3$  чунин навишта мешавад:



Мувофиқи ин муодилаи реаксияи газии карбонат ҳосил шуда, вай аз муҳити реаксия дур мешавад. Ионҳои гидроген ҳам ба шакли молекулаи об, ки электролити кам диссоциатсияшаванда аст, аз ҳудуди реаксия берун карда мешаванд. Чӣ тавре, ки дида мешавад, дар реаксияи додашуда мувозинат аз чап ба рост, яъне ба тарафе, ки маҳсулоти реаксия аз муҳит дур карда мешавад, мелағжад.

Мисоли сеюм: ба таҳшинии хлориди нуқра маҳлули обии аммиак таъсир менамоем. Хлориди нуқра моддаи бадҳалшаванда аст, бинобар ин онро дар реаксияҳои ионии химиявӣ бо намуди молекула ифода менамоем. Гидроксиди аммоний низ моддаи баддиссоциатсияшаванда мебошад, бинобар онро ҳам дар муодилаи реаксияи додашуда бо намуди молекула менависем. Дар он ҷурат муодилаи реаксияи додашуда чунин намуд доштаниш мумкин:



Ҳалшавии пайвастигии бадҳалшавандаи  $\text{AgCl}$  дар ин реаксия дар натиҷаи ҳосилшавии ионии комплекси устувори  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  ба амал меояд, ки вай ба маҳлул, нисбат ба  $\text{AgCl}$  дида, миқдори хеле ками ионҳои  $\text{Ag}^+$ -ро медиҳад.

Мисолҳои овардашуда нишон медиҳанд, ки мувозинати реаксияҳои химиявӣ ҳамеша ба тарафи камшавии консентратсияи ионҳо майл мекунад. Ин дар ҳама ҳолатҳо ба амал меояд, ки агар дар натиҷаи реаксия пайвастигҳои бадҳалшаванда, камдиссоциатсияшаванда ё газшакл ҳосил шаванд. Яке аз моддаҳои камдиссоциатсияшаванда об мебошад, ки дар вақти реаксияҳои ионӣ ҳосил мешавад. Бинобар ин реаксияҳои ионие, ки бо ҳосилшавии молекулаҳои об мегузаранд, хеле бисёр мебошанд.

Дар амалия лағжиши мувозинати химиявино, ки аз таъсири концентратсия, фишор ва ё ҳарорат ба амал меояд васеъ истифода мебаранд. Махсусан реаксияҳои ивази ионино барои ҷудо намудани моддаҳо аз омехтаҳои гуногун васеъ истифода мебаранд. Барои иҷрои ин мақсад моддаҳои махсус, ки ионитҳои номдоранд, нақши калонро мебаранд.

**Ионитҳои — инҳо зифтҳои ион ивазкунӣ буда, қобилияти абсорбсионии калонро доранд.** Ионитҳои аз рӯи таъбиқи худ ба анионитҳои ва катионитҳои ҷудо мешаванд. Анионитҳои ва катионитҳои аксар вақт дар асоси моддаҳои органикӣ синтез шудаанд. Ғайр аз ионитҳои органикӣ инчунин ионитҳои ғайриорганикӣ ҳам истифода бурда мешаванд. Ионитҳои ғайриорганикӣ бештар дар табиат вомехӯранд. Яке аз намудҳои ионитҳои ғайриорганикӣ сеолитҳои (гурӯҳи алюмосиликатҳои, ки бо формулаи умумии  $MxЭyOz$  ифода ёфтаанд) мебошанд. Дар формулаи  $MxЭyOz$ , M- Ca, Na (баъзан Ba, Sr, K), Э- Si, Al бо нисбатҳои ивазшавандашон мебошанд. Онҳо сохтори кристалли карбонро ба амал меоранд. Тетраэдрҳои аз  $SiO_3^{2-}$  ва  $AlO_2^-$  ё  $AlO_3^{3-}$  сохта шуда, дар ковоқиҳои он катионҳои, ё молекулаҳои об ҷойгир мешаванд. Сеолитҳои метавонанд молекулаҳои оби худро ба дигар моеъҳои (спирт, аммиак ва ғайраҳо) иваз намоянд. Оби сеолитӣ дар ин ҳолатҳои ҳамчун оби сорбсионӣ рафтор мекунад. Дар вақти бо эҳтиёт гарм намудан мо метавонем тамоми оби таркиби сеолитро дур намоем, дар ин ҳолат сохтори асосии минерал зарар намебинад.

Яке аз сеолитҳои «ғалберҳои молекулавӣ» мебошад. Дар сохтори онҳо холигиҳои бисёре мавҷуд мебошанд. Табиатан ин гуна сеолитҳои кам вомехӯранд, бинобар ин онҳоро бо таъбири сунӣ аз  $Na_2SiO_3$ ,  $NaAlO_2$  ва  $NaOH$  ҳосил менамоянд.

Кристаллҳои ҳосилшуда сурохиҳои андозаашон якхела дошта, фаълони молекулаҳои (бештар молекулаҳои қутбнокро) сорбсия менамоянд. Масалан, ғалбери молекулавие, ки андозаи сурохиаш  $3,5A^0$  аст, метавонад  $H_2$ ,  $O_2$  ва  $N_2$ -ро фуру бурда, амалан аргон, метан ва дигар молекулаҳои мураккабро фуру набарад. Бинобар ин мо метавонем ғалберҳои

молекулавиरो барои хушк ва ҷудо намудани баъзе газҳо ва моеъҳо, ҳамчун ивазкунандаҳо ва барандаҳои катализаторҳо, истифода барем.

Дар ҷадвали 16 намудҳои гуногуни реаксияҳои ионӣ ва баъзе тавсифи онҳо ҳам оварда шудааст.

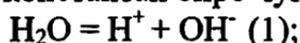
Ҷадвали 16.

### Намудҳои реаксияҳои ионӣ ва тавсифи онҳо

№	Намудҳои реаксияҳои ионӣ	Муодилаи реаксияҳои ионӣ	Тавсифи реаксияҳои химиявӣ
1	Реаксияи ивазии байни электролитҳои қавӣ	$\text{NaNO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{HNO}_3 + \text{NaCl}$ $\text{Na}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	Система дар мувозинат аст: $K_M = \frac{[\text{HNO}_3][\text{NaCl}]}{[\text{NaNO}_3][\text{HCl}]}$
2	Реаксияи ҳосилшавии электролити заиф	$\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$ $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}$	Мувозинат ба тарафи ҳосилшавии электролити заиф мелағжад $K_M = K_X = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}$
3	Реаксияи ҳосилшавии моддаи бухоршаванда	$2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} \uparrow$ <p style="text-align: center;"><i>конс</i></p> $2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{HCl} \uparrow$	Мувозинат дар маҳлулҳои концентрониди ба тарафи ҳосилшавии моддаи бухоршаванда мелағжад: $K_M = K_X = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}^+]^2[\text{Cl}^-]^2}$
4	Реаксияи ҳосилшавии пайвастагиҳои бадҳалшаванда	$\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$ $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$	Мувозинат ба тарафи ҳосилшавии пайвастагии камҳалшаванда мелағжад: $K_M = K_X = \frac{[\text{AgCl}]}{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}$

## 9.9. ДИССОТСИАТСИЯ ВА ҲОСИЛИ ЗАРБИ ИОНИИ ОБ.

Оби тоза амалан ҷараёни электрикиро намегузаронад. Бо вучуди он оби аз ҳад тоза шудагӣ ҳам бо миқдори хеле кам ҷараёно мегузаронад. Ин чунин маъно дорад, ки об бояд ба ионҳо диссоциатсия шавад. Аммо дараҷаи диссоциатсияи об хеле кам аст, яъне об – электролити заиф мебошад. Диссоциатсияи об ва константаи онро чунин навиштан мумкин:



$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1,8 \cdot 10^{-16} \quad (2).$$

(агар ҳарорат ба  $25^\circ\text{C}$  баробар бошад).

Азбаски қувваи ионии об хеле кам аст, бинобар коэффитсиенти фаъолнокии он ба як наздик мебошад. Аз ҳамин сабаб мо метавонем бе ҳеҷ душворӣ барои оби тоза (бе иштироки электролитҳои қавӣ) константаи мувозинатро бо ёрии фаъолнокии нею, бо ёрии консентратсия ифода намоем. Консентратсияи молекулаҳои диссоциатсия нашудан обро чунин майян намудан мумкин (массаи 1л-об ба 1000 грамм баробар аст):

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{1000}{18} = 55,56 \text{ мол/л} \quad (3).$$

Онгоҳ:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{55,56} = 1,8 \cdot 10^{-16}, \quad (4);$$

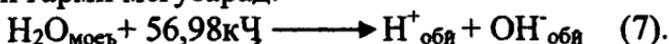
ё худ

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 1 \cdot 10^{-14} \quad (5).$$

Бузургии ҳосили зарби консентратсияи ионҳои гидроген ва гидроксил  $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$  ҳосили зарби ионии об ( $\text{H}_2\text{O}$ ) номида мешавад. Ин бузургӣ доимӣ буда, барои ҳамагуна маҳлулҳои сероб дар ҳарорати  $25^\circ\text{C}$  ба  $10^{-14}$  баробар аст:

$$\text{H}_2\text{O} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (6).$$

Ҳосили зарби ионии об танҳо ба ҳарорат вобаста мебошад. Таҷриба нишон медиҳад, ки реаксияи диссоциатсияи об бо фурубарии гармӣ мегузарад:



Агар эффекти гармии реаксияро чен карда истода ба адади молҳо тақсим намоем, онгоҳ мебинем, ки барои диссоциатсияи 1 мол об 56,98кҶ гармӣ сарф шудааст.

Эффекти гармии диссоциатсияи обро доништа истода, мо метавонем табдилёбии  $\text{K}_{\text{H}_2\text{O}}$ -ро вобаста ба ҳарорат пешгӯӣ намоем. Мувофиқи принсипи Ле-Шателе дар сурати баланд шудани ҳарорат, мувозинат ба тарафи зиёд шудани концентратсияи ионҳо мелағҷад (дар ин ҳолат гармӣ фуру бурда мешавад). Яъне дар ин ҳолат зиёдшавии бузургии  $\text{K}_{\text{H}_2\text{O}}$ -ро мушоҳида намудан мумкин. Дар ҳақиқат ҳам таҷриба нишон медиҳад, ки дар вақти баландшавии ҳарорат (масалан то  $100^\circ\text{C}$ ) ҳосили зарби ионии об ба  $10^{-12-13}$  баробар мешавад, яъне то 100 маротиба зиёд мешавад. Зиёдшавии  $\text{K}_{\text{H}_2\text{O}}$ -ро бо баландшавии ҳарорат аз далелҳои зерин ҳам дидан мумкин:

Ҳарорат, $^\circ\text{C}$	$\text{K}_{\text{H}_2\text{O}}$
0	$0,114 \cdot 10^{-14}$
10	$0,245 \cdot 10^{-14}$
20	$0,676 \cdot 10^{-14}$
25	$1,000 \cdot 10^{-14}$
60	$9,55 \cdot 10^{-14}$

Мо ҳосили зарби ионии обро доништа истода, метавонем концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$ -ро дар оби тоза муайян намоем:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ г-ион/л} \quad (8).$$

Маълум карда шудааст, ки концентратсияи ионҳои гидроксил бошад ишқорнокии маҳлулро муайян менамояд. Ин ақидаро бо мисолҳо чунин исбот кардан мумкин.

Ба оби тоза электролити қавӣ  $\text{HCl}$ , ки бо ионҳои  $\text{H}^+$  ва  $\text{Cl}^-$  диссоциатсия мешавад, илова менамоем. Дар ин ҳолат дар маҳлул концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  нисбат ба концентратсияи

ионҳои  $\text{OH}^-$  зиёд мешавад. Аммо маълум аст, ки ин ионҳо бо ҳамдигар бо чунин мувозинат алоқаманд ҳастанд:



ё худ:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{H}^+]} \quad (10).$$

Аз ифодаи (10) дида мешавад, ки дар ҳолати зиёд шудани концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  ионҳои  $\text{OH}^-$  кам мешавад.

Акнун фарз мекунем, ки ба оби тоза каме ишқори натрий илова намудем. Вай ҳам электролити қавӣ аст, бинобаро ин концентратсияи ионҳои  $\text{OH}^-$ -ро зиёд мекунад, онгоҳ дар натиҷаи зиёдшавии концентратсияи ионҳои  $\text{OH}^-$  концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  кам хоҳад шуд. Яъне:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{OH}^-]} \quad (11).$$

Ҳамин тавр концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$  дар об бо ҳам алоқаманданд: бо зиёдшавии  $\text{H}^+$  ионҳои  $\text{OH}^-$  кам мешавад ва баракс.

Чунин мисолро дида мебароем : бигузур дар 1л об 0,10 мол хлорид гидроген ҳал карда шуда бошад.  $\text{HCl}$  дар маҳлули обӣ электролити қавӣ аст, бинобар ин 0,01мол  $\text{HCl}$  дар 1л об 0,10 мол ионҳои  $\text{H}^+$  ва 0,10 мол ионҳои  $\text{Cl}^-$  ҳосил мекунад. Ҳамин тавр, концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  ва  $\text{Cl}^-$  дар маҳлули обии  $\text{HCl}$  баробар аст ба:

$$[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] = 0,10 \text{ мол} \quad (12).$$

Агар концентратсияи ионҳои  $\text{H}^+$  ба 0,10 мол баробар бошад, онгоҳ мувофиқи муодилаи (10) концентратсияи ионҳои  $\text{OH}^-$ -ро чунин ҳисоб намудан мумкин:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{H}^+]} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{0,10} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{1,00 \cdot 10^{-1}} \quad (13).$$

Ҳамин тавр, илова намудани 0,1 мол  $\text{HCl}$  ба 1л оби тоза, концентратсияи ионҳои  $\text{OH}^-$ -ро аз  $1,00 \cdot 10^{-7}$  то  $1,00 \cdot 10^{-13}$  (яъне то ба миллион маротиба) кам менамояд.

Аз навиштаҳои боло чунин хулоса мебарояд, ки концентратсияи ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  бо ҳамдигар дар асоси муодилаи (5) алоқаманд аст.

Дар маҳлули турш (масалан, маҳлули  $HCl$ ) концентратсияи ионҳои  $H^+$  зиёд буда концентратсияи ионҳои  $OH^-$  кам аст. Дар маҳлули ишқорӣ бошад баракс. Илова намудани миқдори хеле ками  $HCl$  ё  $NaOH$  ба зиёдшавии концентратсияҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  меорад, ки бузургии онҳо то ба миллионҳо маротиба фарқ мекунад.

Ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  дар бисёр реаксияҳо, ки дар маҳлулҳои обӣ мегузаранд иштирок менамоянд. Бинобар ин агар моддаи барои реаксия гирифташуда ё маҳсулоти реаксия ионҳои  $H^+$  -ро диҳанд, он гоҳ тағйирёбии концентратсияи ин ионҳо натиҷаҳои хеле ҳам намоёнро додана мумкин. Ин тағйирот дар ҳолати мувозинати реаксия ба тағйирёбии концентратсияи ҳамаи дигар моддаҳои гирифташуда ва маҳсулоти реаксия овардана мумкин. Ғайр аз он, барои бисёр реаксияҳои ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  катализатор мебошанд. Масалан, маълум аст, ки кислотаи мурча  $HCOOH$  нисбатан устувор аст. Аммо ба ин кислота илова намудани кислотаи сулфат ва зиёдшавии ионҳои  $H^+$  суръати тақсимшавии  $HCOOH$  -ро ҳам метезонад. Ҳамин тавр, аз навиштаҳои боло ба чунин хулоса омадан мумкин.

1. Чӣ қадаре, ки концентратсияи ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  тағйир наёбанд, ҳосили зарби онҳо, дар ҳамагуна маҳлулҳои обии концентратсияшон на он қадар баланд, доимӣ монда ба  $10^{-14}$  мол/л (ҳарорати  $25^{\circ}C$ ) баробар аст.
2. Ҳамагуна маҳлулҳои обӣ новобаста ба реаксияи он бояд ҳам ионҳои  $H^+$  ва ҳам  $OH^-$  дошта бошанд.
3. Тағйирёбии концентратсияи  $H^+$  ё  $OH^-$  ба ҳолати мувозинати электролит таъсири калон мерасонад.
4. Тағйирёбии концентратсияи  $H^+$  ё  $OH^-$  бо суръати реаксияи химиявӣ таъсир мерасонад.
5. Концентратсияи ионҳои  $H^+$  ва  $OH^-$  -ро тағйир дода истода, мо метавонем реаксияҳои гуногунро дар маҳлулҳои обӣ идора намоем.

## 9.10. НИШОДИҲАНДАИ ГИДРОГЕНИ ВА ИНДИКАТОРҲО

Кислотанокии маҳлулро одатан бо ёрии консентратсияи ионҳои гидроген ифода менамоянд. Дар маҳлулуҳои турш консентратсияи ионҳои гидроген аз  $10^{-7}$  г-мол /л зиёд бошад ( $10^{-7}$ - $10^{-1}$ ), дар маҳлули нейтрал  $H^+$  ба  $10^{-7}$  баробар буда, дар маҳлулуҳои ишқорӣ нисбат ба  $10^{-7}$  кам мебошад ( $10^{-7}$ - $10^{-14}$ ).

Ададҳое, ки бо ёрии консентратсияи ионҳои гидроген ифода карда мешаванд барои дар амал истифода бурдан хеле ҳам ноқулай мебошанд. Бинобар ин одатан кислотанокии маҳлулуҳо бо намуди логарифми манфии  $H^+$  ифода менамоянд, ки ин бузургиро **нишондиҳандаи гидрогени** номида, онро бо шакли  $pH$  менависанд:

$$-lg[H^+] = pH.$$

Ҳамин тавр логарифми манфии консентратсияи ионҳои  $OH^-$  нишондиҳандаи гидроксил буда, бо шакли  $pOH$  навишта мешавад. Аммо дар амалия аз нишондиҳандаи гидроксилӣ хеле кам истифода мебаранд. Алоқамандии ифодаҳои  $H^+$  ва  $pH$ -ро чунин нишон додан мумкин. Масалан, агар  $[H^+] = 10^{-4}$  бошад, онгоҳ:

$$pH = -lg 10^{-4} = -(-4) = 4, \text{ ё худ дар вақти } [H^+] = 5 \cdot 10^{-10} \text{ будан:}$$

$$pH = -lg 5 \cdot 10^{-10} = -(-0,70 - 10) = 9,30.$$

Бешубҳа кислотанокии маҳлуле, ки  $pH = 4$  аст, нисбат ба кислотанокии маҳлули  $pH = 9,30$  буда, зиёдтар аст, чунки  $10^{-4} > 10^{-7}$ . Маҳлуле, ки  $pH = 9,30$  аст, муҳити ишқорӣ дорад, чунки  $[H^+]$  дар ин ҳолат аз  $10^{-7}$  г-ион /л камтар мебошад. Ҳамин тавр кислотанокии маҳлул бо камшавии бузургии  $pH$  баланд мешавад. Масалан, дар ҳолати  $pH = 2,0$  будан, муҳити реаксия нисбат ба ҳолати  $pH = 4,0$  кислотанокиаш баланд аст, чунки дар ҳолати  $pH = 2,0$  консентратсияи  $[H^+]$  нисбат ба ҳолати  $pH = 4,0$  қариб 100 маротиба зиёдтар аст.

Дар ҳамин асос муайян карда метавонем, ки дар ҳолати  $pH = 12,0$  будан муҳити маҳлул нисбат ба ҳолати  $pH = 9,0$  ишқориашон зиёдтар аст. Дар ҳақиқат ҳам ҳисоб инро нишон медиҳад:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2} \text{ мол/л.}$$

Дар ҳолати  $pH=9,0$  будан, ки концентратсияи ионҳои гидроксил қариб 1000 маротиба камтар аст:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5} \text{ мол/л.}$$

Алоқамандии байни  $H^+$ ,  $pH$  ва муҳити маҳлулро дар асоси ҷунин схема нишон додан мумкин:

$[H^+]$ :	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$	$10^{-12}$	$10^{-13}$	$10^{-14}$
$pH$ :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
муҳити реаксионӣ:	кислотагӣ						нейт- рал	ишқорӣ							

Бузургҳои канории  $pH$  дар ин схема ба концентратсияи ионҳои гидроген дар маҳлули  $HCl(pH=0)$  ва маҳлули  $NaOH(pH=14)$  мувофиқ меоянд. Маҳлулҳои аз ин ҳам турштар ( $pH < 0$ ) ва ишқорноктар ( $pH > 14$ ) шуданашон мумкин. Аммо дар ин сурат кислотанокӣ ва ишқорнокӣ бо миқдори онҳо дар 1л маҳлул ифода карда мешаванд.

Бузургии  $pH$  – и маҳлулро одатан бо ёрии моддае, ки индикатор ном дорад муайян намудан мумкин.

Якумин маротиба индикаторҳои растанигиро барои шинохтани кислотаҳо ва ишқорҳо олими англис Роберт Бойл истифода бурда буд. Вай ҳамчун индикатор маҳлулҳои оби лакмусро истифода бурд. Дар соли 1667 вай аввалин маротиба қоғази индикаториро (қоғази филтрии дар маҳлули индикатор тар кардашуда) истифода бурдааст.

Аз ҳама индикаторҳои паҳншудатарин дар амалия лакмус, фенолфталеин, метилоранж ва дигарҳо мебошанд. Онҳо моддаҳои органикӣ мебошанд, ки метавонанд аз таъсири ионҳои гидроген ранги худро тағйир диҳанд.

Сарҳади бузургии  $pH$ , ки дар давоми он тағйирёбии ранги индикатор ба амал меояд, сарҳади гузариши индикатор номида

мешавад. Исбот карда шудааст, ки индикатори метилоранж ранги худро дар муҳити турш ( $pH=4,1-5$ ) фенолфталеин бошад дар муҳити ишқорӣ ( $pH=8,2-10$ ) иваз мекунад.

Тағйирёбии ранги индикаторҳо аз тағйирёбии консентратсияи ионҳои  $H^+$  дар маҳлул вобаста аст. Исбот карда шудааст, ки индикаторҳо-электролитҳои заиф (кислота ё асос) буда, молекулаҳо ва ионҳои онҳо рангҳои гуногун доранд.

Вобаста ба муҳити реаксия дар натиҷаи диссоциатсияи молекулаҳои индикатор лағжиши мувозинат ба амал меояд, ки вай ифодаи зиёдшавии консентратсияи молекулаҳо ё ионҳои индикатор мебошад. Ин зиёдшавӣ ва ё камшавии консентратсияи ионҳо ва ё молекулаҳои индикатор сабаби тағйирёбии ранги маҳлул мешавад. Агар шартан молекулаи индикатори кислотагиро бо шакли  $Hind$  нависем, онгоҳ муодилаи диссоциатсияи вай чунин мешавад:



Чунин мувозинат дар муҳити нейтралӣ маҳлул вучуд дорад. Дар ҳолати бо он илова намудани ягон қатра кислота, ки ионҳои  $H^+$ -ро ҷудо мекунад, консентратсияи умумии ионҳои  $H^+$  дар маҳлул зиёд мешавад. Ин зиёдшавии консентратсияи  $H^+$  мувофиқи қонуни таъсири масса мувозинатро ба тарафи камшавии ин ионҳо (ба тарафи чап), яъне ҳосилшавии молекулаҳои индикатор мелағжонад. Агар дар ин ҳолат ба сифати индикатор лакмус гирифта шуда бошад, дар вақти илова намудани кислота ҳамоно ранги маҳлул сурх мешавад, чунки дар натиҷа молекулаҳои индикатори лакмус ҳосил мешаванд, ки онҳо ранги сурхро доранд. Яъне ранги сурхи лакмус дар муҳити кислотагӣ- ин ранги шакли молекулагии индикатори лакмус мебошад. Дар муҳити ишқорӣ, ионҳои  $OH^-$  ионҳои  $H^+$ -и индикаторро пайваст намуда, молекулаи  $H_2O$ -ро ҳосил мекунад. Дар ин ҳолат мувозинати реаксияи диссоциатсияи лакмус ба тарафи рост- ба рафти ҳосилшавии ионҳои  $H^+$  ва  $Ind^-$  мелағжад, ки дар натиҷа дар маҳлул консентратсияи ионҳои  $Ind^-$  меафзояд (ионҳои  $H^+$  ба  $H_2O$  табдил меёбад). Дар ин ҳолат

ранги маҳлул кабуд мешавад. Яъне кабудии ранги маҳлул дар муҳити ишқорӣ- ин ранги ионҳои  $\text{Ind}^-$  мебошад.

Ҳамин тавр, индикатори фенолфталеин дар муҳити кислотагӣ беранг буда (яъне молекулаҳои индикатор беранг аст), дар муҳити ишқорӣ сурх мебошад (яъне ионҳои индикатор ранги сурхро доранд).

Индикаторҳоеро, ки ҳудуди гузариши (ивазшавии) рангашон гуногун аст бо ҳам омехта индикатори универсалиро ҳосил мекунанд. Аммо бояд қайд кард, ки  $\text{pH}$ -и маҳлулро бо ёрии индикаторҳои оддӣ ва ҳатто универсалии саҳеҳ муайян кардан мумкин нест. Бузургии константаи диссоциатсияи индикаторҳои гуногун аз якдигар фарқ мекунанд, бинобар он ҳасоснокии онҳо ҳам ҳар хел аст. Чӣ қадаре, ки константаи диссоциатсияи индикатор кам бошад, вай ҳамон қадар тезтар (дар миқдори ками  $\text{H}^+$  ва ё  $\text{OH}^-$ ) ранги худро тағйир медиҳад. Бинобар ҳасоснокии яхела надоштани индикаторҳо ба мо танҳо имконият медиҳад, ки  $\text{pH}^-$  муҳитро тахминӣ муайян намоем.

Индикаторҳоеро мо метавонем бо шакли маҳлул ё ба шакли қоғазии индикаторӣ, ки бо индикатори муайяне олула шудааст, истифода барем. Аммо  $\text{pH}$ -и муҳитро мо танҳо бо ёрии асбобҳои махсус-  $\text{pH}$ -метрҳо метавонем нисбатан аниқ муайян намоем.

Муайян намудани реаксияҳои муҳит (кислотагӣ, ишқорӣ, нейтрал) на танҳо барои корҳои илмӣ- лабораторӣ, балки барои соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқ ҳам (саноати электрохимиявӣ, нуриҳои минералӣ, тиб, биология, геология, агрономия) аҳамияти калон дорад.

Индикаторҳо инчунин дар табиат ҳам васеъ паҳн шудаанд. Қариб ҳамаи пигментҳои баргҳои гулҳои индикаторҳо мебошанд. Масалан, тағйирёбии ранги гулҳои манзаргӯш («незабудка») аз сурх то ба нофармон ба тағйирёбии кислотанокии шираи гул (вобаста ба синну сол) алоқаманд мебошад. Яъне бо гузаштани вақт дар натиҷаи тағйирёбии кислотанокии шираи гул ранги пигмент- индикатори он ҳам дигар мешавад. Бисёр рангкунандаҳои матоҳо, қоғаз ҳам индикаторҳо мебошанд. Агар ба дафтар ё либос каме кислота афтад ҳамонро доғҳои ранга

ба амал омада, дар вақти ба болои онҳо чаконидани спирти навшодир ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) он доғҳо нест мешаванд.

Ранги нофармони барои навиштан истифода мебурдагӣ ҳам индикатор мебошад (маҳлули обии метили нофармон), ки бузургии константаи диссоциатсияи калоне дорад. Вай аз таъсири кислота ранги сабزو гирифта ва дар вақти бо ишқор нейтрал намудани маҳлул, аз нав ба ранги нофармон соҳиб мешавад.

Дар ҷадвали 17 номгӯи як қатор индикаторҳо бо хосиятҳои онҳо оварда шудаанд.

Ҷадвали 17

### Баъзе индикаторҳо ва хосиятҳои онҳо

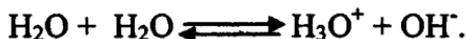
Т-р	Номгӯи индикаторҳо	Ҳудуди гузариш (рН)	Тағйирҳои ранг
1.	Лакмус	5-8	Сурх - кабуд
2.	Фенолфталеин	8,2-10	Беранг - сурх
3.	Феноли сурх	6,8-8	Зард сурх
4.	Метили норинҷӣ	3,0-4,4	Нилбӣ- норинҷӣ
5.	Метили сурх	4,4-6,2	Сурх - зард
6.	Метили нофармон	0,5-3,0	Сабз - нофармон
7.	Тимоли кабуд	1,2-2,8 8,0-9,6	Сурх - зард Зард - кабуд
8.	Тимолфталеин	9,4-10,6	Беранг - кабуд

### 9.11. ТАБИАТИ ИОНҲОИ ГИДРАТНОКИ ГИДРОГЕН ( $\text{H}^+$ )

Чӣ тавре, ки дар маҳлулҳо изомерҳои ионҳои металлҳо вучуд надоранд, ҳамин тавр изомерҳои протонҳо ҳам ( $\text{H}^+$ ) шуда наметавонанд. Ҳисоб карда шудааст, ки консентратсияи ионҳои гидроген дар маҳлулҳои обии кислотаҳо аз  $10^{-100}$  мол/л ( $1\text{л} = 1\text{дм}^3$ ) зиёд шуда наметавонанд. Ин он маъноро дорад, ки дар ҳар 1л маҳлул аз  $10^{-100} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 10^{-76}$  иони  $\text{H}^+$  (беоб) зиёд шуданаш мумкин нест. Ин дар навбати худ чунин маъноро дорад, ки ҳаҷми маҳлуле, ки ақаллан якто  $\text{H}^+$ -ро дорад, бояд аз  $10^{76}$  л зиёд

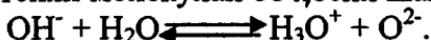
бошад. Ин ҳаҷми маҳлул аз ҳаҷми ҳамаи галактикаи ба маълум зиёд мебошад.

Бинобар ин химикҳо чунин ҳисоб менамоянд, ки об дар натиҷаи ҷойивазкунии протонҳо аз як молекула ба молекулаи дигар диссоциатсия мешавад (яъне худ ионикунонии об ба амал меояд):



Аз эҳтимол дур нест, ки диссоциатсияи об он қадар пурра намеравад, чунки энергияи молекулаи об, ки бо ёрии он протонҳои худро нигоҳ медорад, нисбат ба энергияи протони сеюмро қабул намудан зиёдтар аст. Масалан, маълум карда шудааст, ки энергияи диссоциатсияи  $\text{H}_3\text{O}^+$  ба  $\text{H}^+$  ва  $\text{H}_2\text{O}$  нисбат ба бисёр энергияҳои бандҳои ковалентӣ тахминан 3 маротиба зиёдтар аст.

Ба вучуди ҳамин аз тарафи ионҳои  $\text{OH}^-$  гум намудани протоне имконпазир аст, ки дар натиҷа ионҳои  $\text{O}^{2-}$  ҳосил мешаванд. Ғайр аз ин ионҳои  $\text{O}^{2-}$  метавонанд дар натиҷаи зинаи дуҷуми диссоциатсияи молекулаи об ҳосил шаванд:



Муодилаи константаи диссоциатсияи ин реаксия чунин мешавад:

$$K = \frac{[\text{O}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 10^{-27},$$

ки дар ин ҷо:  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  –концентратсияи мувозинатии ионҳои гидроксоний дар оби тоза  $=10^{-7}$  мол/л;

$[\text{OH}^-]$  –концентратсияи мувозинатии ионҳои гидроксил дар оби тоза  $=10^{-7}$  мол/л.

Дар натиҷаи ҳисоб меёбем, ки концентратсияи ионҳои  $\text{O}^{2-}$  ба  $10^{-27}$  мол/л баробар аст. Аммо дар 1 мол ион  $6,02 \cdot 10^{23}$  ион мавҷуд аст. Бинобар дар 1 л об бояд тахминан 1/ 1000 иони  $\text{O}^{2-}$  бошад, яъне тахминан як иони  $\text{O}^{2-}$  ба 1 м<sup>3</sup> об мувофиқ меояд.

Ҳамин тавр об ва ҳамаи маҳлулҳои обӣ иони гидратноки  $\text{H}^+$ -ро доранд, ки вай ҳосилаи бо ҳамтаъсиркунии  $\text{H}^+$  ба  $\text{H}_2\text{O}$ , яъне  $\text{H}_3\text{O}^+$  (иони гидроксоний) мебошад.

Мавҷудияти иони  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ро чунин асоснок кунонидан мумкин. Протон ( $\text{H}^+$ ), ки андозаи хурд дорад, қобилияти қутбноккуниаш хеле баланд аст ва бинобар қутбҳои манфии молекулаи обро нисбат ба дигар катионҳо дида хубтар ба худ мекашад. Ин қутбнокшавӣ барои ҳосилшавии банди ковалентии (координатсионии) байни протон ва молекулаи об бо ҳосилшавии  $\text{H}_3\text{O}^+$  кифоя мебошад. Гармии реаксияи



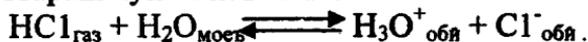
ба 1215,5кҶ баробар аст, ки ин устувории иони ҳосилшудаи  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ро нишон медиҳад. Эҳтимолияти мавҷуд будани протонҳои гидратнокшудаи  $\text{H}^+$  тахминан ба  $1:100^{110}$  баробар аст.

Ғайр аз он ионҳои  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ро дар моддаи сахти кристаллии  $[\text{H}_3\text{O}]^+ \text{NO}_3^-$  ва  $[\text{H}_3\text{O}]^+ \text{ClO}_4^-$  ҳам мушоҳида кардан мумкин. Мавҷудияти  $\text{H}_3\text{O}^+$  дар ин моддаҳо бо ёрии методи РЯМ (резонанси ядровӣ-магнитӣ) исбот карда шудааст. Спектрҳои фурубарии маҳлулҳои обии  $\text{HCl}$  бошанд боз ҳам мураккабтар будани ионҳои полигидратро исбот мекунад.

Дар натиҷаи тадқиқ намудани маҳлулҳои обии кислотаҳо бо ёрии гармӣ ва электррикузаронӣ, мавҷудияти иони молекулавии  $\text{H}_9\text{O}_4^+$  мушоҳида карда шудааст. Тахмин карда мешавад, ки ин модда аз иони  $\text{H}_3\text{O}^+$  ва 3 молекулаи об  $\text{H}_2\text{O}$  ташкил ёфтааст. Аммо  $\text{H}_9\text{O}_4^+$  метавонад инчунин аз  $\text{H}^+$  ва 4 молекулаи  $\text{H}_2\text{O}$  ҳам ҳосил шавад.

Лекин бояд қайд кард, ки то ҳоло дар асоси далелҳои мавҷудаи эксперименталӣ мо дар бораи сохти иони  $\text{H}_9\text{O}_4^+$  ба хулосаи ягона омада наметавонем. Ҳамин тавр, дар маҳлулҳои обӣ ионҳои  $\text{H}^+$  танҳо шартан буда, ин ифода барои осонӣ ва қулайӣ истифода бурда мешавад.

Бинобар, масалан, реаксияи химиявии хлориди гидрогенро дар об дурусттараш чунин навиштан лозим аст:



Бояд қайд кард, ки ҳаёти ионҳои  $\text{H}_3\text{O}^+$  хеле ҳам кӯтоҳ мебошад ва тахминан ба 10 сония баробар аст, бинобар дар маҳлулҳо бо таври эксперименталӣ муаян намудани он хеле ҳам душвор аст.

## 9.12.ГИДРОЛИЗИ НАМАҚҶО

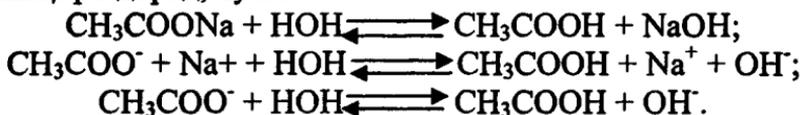
Дар боло нишон дода шуда буд, ки об электролити амфотерӣ буда, вай метавонад вобаста ба муҳити реаксия ҳам ба кислотаҳо ва ҳам бо асосҳо ба реаксия дохил шавад. Дар ҳолати аввал пайвасташавии ионҳои  $H^+$  ва дар ҳолати дуйум бошад, пайвасташавии ионҳои  $OH^-$  ба амал меояд. Дар ҳар ду ҳолат ҳам лағжиши мувозинати диссоциатсияи молекулаи об



ҷой дорад, чунки яке аз маҳсулотҳои реаксия аз муҳит дур карда мешавад, ҳосили зарби ионии об бошад доимӣ мемонад. Ба гидролиз пайвастагиҳои синфҳои гуногун дучор мешаванд. Гидролизи намақҳо яке аз ҳолатҳои муҳимтарини гидролиз мебошад. Яке аз нишондиҳандаҳои муҳимтарини гидролизи намақҳо дараҷа ва константаи он мебошад. Назарияи протолитии кислотаҳо ва асосҳо гидролизи намақҳоро яке аз намудҳои мувозинати кислотагӣ - асосӣ мешуморад.

Ҳамин тавр "гидролиз"- маънои вайронкунии бо ёрии обро дошта чунин таъриф карда мешавад: гидролиз- ин реаксияи пайвасташавии ионҳои намақҳо бо ионҳои гидроген ва гидроксиди молекулаи об буда, дар натиҷаи он мувозинати диссоциатсияи об мелағжад. Вобаста ба шароитҳои ҳосилшавии намақҳо ва таркиби химиявии онҳо, гидролиз якҷанд ҳел шуданаш мумкин. Паҳншудатаринашон инҳо мебошанд:

а) Гидролизи намақҳое, ки аз асосҳои қавӣ ва кислотаҳои заиф ҳосил шудаанд ( $Na_2CO_3$ ,  $KCN$ ,  $CH_3COONa$  ва ғайраҳо). Муайян карда шудааст, ки маҳлули обии атсетати натрий муҳити ишқорӣ дорад, чунки:

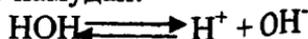


Яъне дар натиҷаи гидролизи ин намақ, дар маҳлул асоси қавӣ ва кислотаи заиф ҳосил мешаванд. Азбаски дараҷаи диссоциатсияи асоси қавӣ нисбат ба дараҷаи диссоциатсияи кислотаи заиф зиёдтар аст, бинобар ин дар чунин маҳлул





ё худ баъд аз ихтисор намудан:



Чӣ тавре, ки дида мешавад ионҳои намак дар реаксия амалан иштирок намекуанд. Яъне намаке, ки аз асосҳои қавӣ ва кислотаҳои қавӣ ҳосил шудаанд, ба реаксияи гидролиз дучор намешванд ва рН-и маҳлулҳои обии онҳо доимӣ монда, ба рН=7 аст. Навиштаҳои болоро дар шакли ҷадвали зерин нишон додан мумкин (ҷадвали 18).

Ҷадвали 18

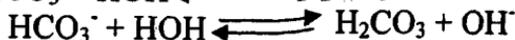
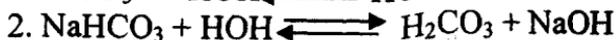
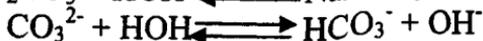
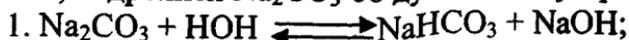
### Таснифи гидролизи намакҳо

№ тарт	Намакҳосилкунандаҳо			Мудити реаксия
	Асос	Қавӣ	Гидролиз	
1.	Заиф	Қавӣ	Ба амал меояд	Кислотагӣ
2.	Қавӣ	Заиф	Ба амал меояд	Ишқорӣ
3.	Заиф	Заиф	Бо дараҷаи баланд ба амал меояд	Ба қавигии нисбии асос ва кислота вобаста аст
4.	Қавӣ	Қавӣ	Ба амал намеояд	нейтрал

Схемаи умумии гидролизи намакҳо чунин аст, ки дар натиҷаи он асосҳо ва кислотаҳои дараҷаи диссоциатсияшон гуногун ҳосил мешаванд.

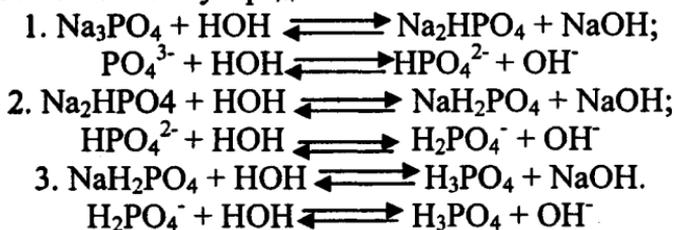
Аммо ба мураккабшавии таркиби химиявии намакҳо (ҳосилаҳои кислотаҳои бисёрасоса ва асосҳои бисёркислотагӣ) раванди гидролиз ҳам мураккаб мешавад.

Масалан, гидролизи  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бо ду зина мегузарад:



Бояд қайд намуд, ки бо зинаи I гидролиз хеле ҳам бо суръат рафта, суръати гидролиз дар зинаи II нисбатан паст аст.

Гидролизи намакҳои кислотаҳои заифи сеасоса (масалан,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) бо се зина мегузарад:

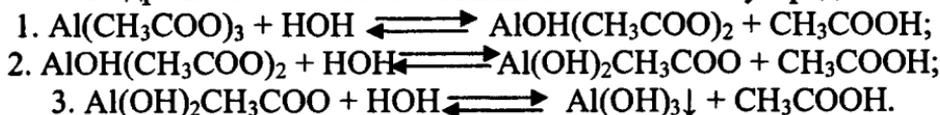


Дар ин ҷо ҳам суръати гидролиз дар зинаҳои аввал нисбат ба зинаҳои минбаъда хеле ҳам баланд мебошад.

Ҷамин тавр, чӣ хеле, ки аз реаксияҳои боло дида мешавад, маҳсулоти реаксияҳои гидролизи намакҳои кислотаҳои бисёрасосаи заиф намакҳои турш мебошанд. Дар вақти гидролизи намакҳои асосҳои заифи бисёркислотагӣ, намакҳои асосӣ ҳосил мешаванд. Дар таркиби намакҳои асоси ғайр аз иони металл ва боқимондаи кислотагӣ инчунин миқдори муайяни гурӯҳҳои  $\text{OH}^-$ , ки барои асосҳо хос аст, шуданаш мумкин. Масалан, гидролизи  $\text{MgCl}_2$  бо схемаи зерин гузаштанаш мумкин:



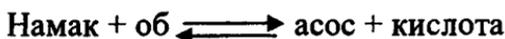
Гидролизи атсетати алюминий бо се зина мегузарад:



Ҷамин тавр, аз навиштаҳои боло ба чунин хулоса омадан мумкин: намакҳо дар он сурат гидролиз мешаванд, ки агар дар таркиби молекулаи онҳо иони электролити заиф (металл ё боқимондаи кислотагӣ) мавҷуд бошад.

### 9.13. ДАРАҶА ВА КОНСТАНТАИ ГИДРОЛИЗ

Гидролизи намакҳои ин реаксияи химиявии баргарданда мебошад:



Мувозинати гидролитикии гидролиз дар маҳлулҳои обӣ бо қонуни таъсири масса итоат мекунад. Бинобар ин концентратсияи яке аз моддаҳои дар реаксияи гидролиз иштироккунандаро тағйир дода, мо метавонем мувозинати гидролизро ба ин ё он тараф лағжонем.

Дар шароитҳои муқаррарӣ барои бисёр намакҳои кислотаҳои бисёрасоса ё асосҳои металлҳои бисёрвалента гидролиз амалан танҳо дар асоси зинаи аввал ба амал меояд. Танҳо дар сурати тағйир додани шароит (сероб ё гарм намудани муҳит) ин реаксияҳо метавонанд то охир раванд.

Ҳамин тавр, қобилияти намакҳои гуногун, ки аз таъсири об вайрон мешаванд, дараҷаи гидролиз номида мешавад. Дараҷаи гидролиз ( $\alpha$ ) ба нисбати адади молекулаҳои бо гидролиз дучоршуда ба адади умумии молекулаҳои намаки ҳалқардашуда баробар аст:

$$\alpha = \frac{\text{адади молекулаҳои ба гидролиз дучоршуда}}{\text{адади умумии молекулаҳои намаки ҳалқардашуда}}$$

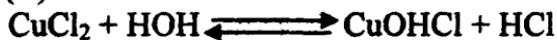
Дараҷаи гидролизи намакҳо дар сурати сероб намудани маҳлул зиёд мешавад, чунки дар ин ҳолат концентратсияи яке аз компонентҳои система-об меафзояд. Ин ҳолат ба лағжиши мувозинат ба тарафи зиёдшавии гидролиз меоварад.

Дараҷаи гидролиз инчунин ба ҳарорат ва концентратсияи маҳсулоти реаксия ҳам вобаста аст. Ин ҳодиса ба он вобаста аст, ки агарчанде дараҷаи диссоциатсияи кислотаҳо ва асосҳо ба тағйирёбии ҳарорат аз 0 то 100°C кам тағйир ёбад. Ҳамин тавр, дараҷаи диссоциатсияи об хеле меафзояд. Ҳамин тавр, баландшавии ҳарорат гидролизи намакҳоро бештар ба тарафи рост мелағжонад. Яъне баландшавии ҳарорат гидролизи намакҳоро зиёд менамояд.

Инчунин концентратсияи маҳсулотҳои гидролизро тағйир дода истода, мо метавонем мувозинати гидролизро лағжонем. Масалан, агар мо ба маҳлули намак кислота ё асоси дахлдорро илова намоем, мувозинати гидролиз ба тарафи ҳосилшавии намаки гидролиз нашуда мелағжад. Яъне дар натиҷа дараҷаи гидролиз паст мешавад. Баръақс, агар аз муҳити реаксия яке аз

маҳсулотҳои онро (кислота ё асос)-ро дур намоем, мувозинат ба тарафи рост мелағжад, яъне дараҷаи гидролиз баланд мешавад.

Яке аз нишондиҳандаҳои муҳимтарини гидролиз-константаи он мебошад. Масалан, барои реаксияи гидролизи хлориди мис (II)



ифодаи константаи гидролизро ба таври зерин навиштан мумкин:

$$K_r = \frac{[\text{CuOH}^+][\text{H}^+]}{[\text{Cu}^{2+}]}$$

Константаи гидролиз барои намаки додашуда дар ҳарорати додашуда бузургии доимӣ мебошад. Яке аз фарқҳои асосии константаи гидролиз аз дараҷаи гидролиз дар он аст, ки вай ба консентратсияи маҳлул вобаста нест. Масалан, дар сурати сероб намудани маҳлул мувозинати гидролиз ба тарафи рост лағжида, дараҷаи гидролиз баланд мешавад, константаи он бошад бетағйир менамояд. Константаи гидролиз танҳо ба табиати намак ва ҳарорати муҳит вобаста аст. Дар сурати гарм намудан дараҷаи диссоциатсияи об баланд шуда, бинобар гидролизи намакҳо зиёд мешавад. Аз ин ҷо ба чунин хулоса омадан мумкин, ки барои паст намудани дараҷаи гидролиз маҳлули намакҳоро дар ҳарорати паст ва консентратсияи баланд нигоҳ доштан зарур аст. Ғайр аз ин барои паст намудани дараҷаи гидролиз ба муҳит яке аз маҳсулотҳои реаксия (кислота ё асос) илова карда мешавад.

Дар формулаи константаи гидролиз барои маҳлулҳои сероб инчунин консентратсияи об ҳам ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ҳамчун бузургии доимӣ дохил мешавад. Бинобар гуфтан мумкин, ки муодилаи химиявии гидролиз-ин маҷмӯи муодилаҳои ду қисми равандҳои баргарданда (диссоциатсияи об ва диссоциатсияи электролити заиф) мебошад. Аз ин ҷо ба чунин хулоса омадан мумкин, ки константаи гидролиз ҳам бояд аз ду константае, ки ҳолатҳои мувозинати ин ду раванди алоҳидаро нишон медиҳад, иборат бошад. Дар ин сурат барои реаксияи гидролизи ионҳои  $\text{Cu}^{2+}$

(масалан, дар намаки  $\text{CuCl}_2$ ) чунин муодилаи константаи гидролизро ҳосил мекунем:

$$K_f = \frac{[H^+][OH^-]}{[Cu^{2+}]} = \frac{K_w}{K_g} \cdot \frac{1}{[CuOH^+]}$$

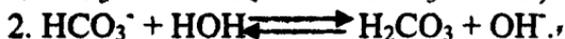
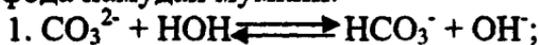
Дар ин ҷо:  $K_w$  ҳосили зарби ионии об.

$$K_g = \frac{[Cu^{2+}][OH^-]}{[CuOH^+]} - \text{константаи диссоциатсияи}$$

электролити заиф.

Ҳамин тавр, константаи гидролиз ба нисбати ҳосили зарби ионии об бо константаи диссоциатсияи электролити заифи ҳосилшуда баробар аст.

Дар ҳолати гидролизи зинагӣ ҳар як зина константаи худро дорад. Масалан, гидролизи карбонати натрийро бо чунин константаҳо ифода намудан мумкин:



$$K_{z1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{K_w}{K_{g2}} \quad \text{ва} \quad K_{z1} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{K_w}{K_{g2}}$$

Барои кислотаи карбонат  $K_{g1} = 4,3 \cdot 10^{-7}$  ва  $K_{g2} = 5,6 \cdot 10^{-11}$  буда:

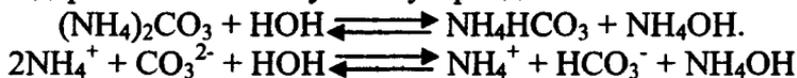
$$K_{z1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{K_w}{K_{g2}} \quad \text{ва} \quad K_{z2} = \frac{10^{-14}}{4,3 \cdot 10^{-7}} = 2,3 \cdot 10^{-8}$$

мебошанд.

Ҳамин тавр, константаи зинаи дуҷуми гидролиз ( $K_{z2}$ ) нишон медиҳад, ки бо ин зина раванди гидролиз амалан ҷой надорад (ба амал намеояд). Ҳамин тавр, чӣ хеле, ки рақамҳои боло нишон медиҳанд дараҷаи гидролиз дар зинаи дуюм ( $K_{g2}$ ) аз зинаи якум дида ( $K_{g1}$ ) қариб даҳ ҳазор (10000) маротиба пасттар аст.

Аз навиштаҳои боло ба чунин хулоса омадан мумкин, ки гидролизи намакҳои кислотаҳои заифи бисёрасоса ва асосҳои қавӣ амалан танҳо бо зинаи якум ба амал меояд. Гидролиз мувофиқи зинаи дуюм то ҳамин дараҷа кам аст, ки онро ба

исоб нагирифтан ҳам мумкин. Гидролизи намакҳое, ки аз асосҳои заиф ва кислотаҳои заиф ҳосил шудаанд, инчунин амалан дар асоси зинаи якум мегузаранд:



Константаҳои гидролизи ин намак мувофиқи зинаи якум чунин ифода меёбад:

$$K_{z_1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{NH}_4\text{OH}][\text{NH}_4^+]}{[\text{CO}_3^{2-}][\text{NH}_4^+]^2} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{CO}_3^{2-}][\text{NH}_4^+]}$$

Маҳраҷ ва сурати ин муодиларо ба  $[\text{H}^+]$  ва  $[\text{OH}^-]$  зарб намуда, чунин муодиларо ҳосил менамоем:

$$K_{z_1} = \frac{K_w}{K_{g_2} \cdot K_{ac}}$$

ки дар ин ҷо:

$K_w$  – ҳосили зарби иони об ( $10^{-14}$ );

$K_{g_2}$  – константаи диссоциатсияи  $\text{H}_2\text{CO}_3$  бо зинаи дуюм;

$K_{ac}$  – константаи диссоциатсияи  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

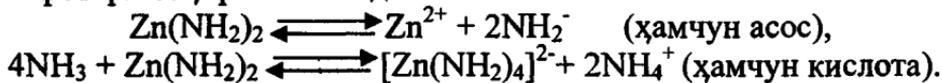
$$\text{Бинобар: } K_{z_1} = \frac{10^{-14}}{5,6 \cdot 10^{-11} \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}} = 9,92 \text{ мешавад.}$$

Ҳамин тавр, гидролизи намаке, ки аз асоси заиф ва кислотаи заиф ҳосил шудааст танҳо дар сурате то охир меравад, ки барнагарданда аст (агар маҳсулотҳои реаксия аз муҳити боҳамтаъсиркунӣ дур карда шаванд).

## 9.14. СОЛВОЛИЗ

Дар вақти ҳал намудани моддаҳо дар ҳалқунандаҳои беоб (ғайриобӣ), боҳамтаъсиркунии байни моддаи ҳалқардашуда ва ҳалқунанда ба амал омаданаш мумкин. Чунин реаксияҳои боҳамтаъсиркунии байни қисмҳои таркибии ҳалқунанда ва ҳалшавндаро солволиз меноманд. Ба солволиз намакҳо ва дигар синфҳои пайвастагиҳои ғайриорганикию органикӣ дучор шуданашон мумкин.

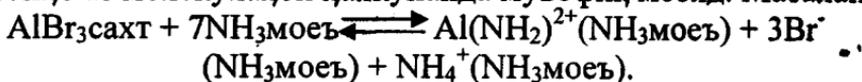
Дар маҳлули аммиаки моеъ ба моддаи амфотерии  $Zn(OH)_2$ , ки дар маҳлулҳои обӣ шуданаш мумкин, амиди руҳ-  $Zn(NH_2)_2$  мувофиқ меояд. Амиди руҳ  $Zn(NH_2)_2$  монанди  $Zn(OH)_2$  хосияти амфотерӣ зоҳир менамояд. Масалан:



Аммиак ҳамчун ҳалкунанда нисбат ба об дида ба протон қаробати зиёдро зоҳир мекунад. Бинобар асосҳои заиф дар маҳлулҳои аммиакӣ нисбат ба маҳлулҳои обӣ дида хосиятҳои кислотагии баландро зоҳир мекунад.

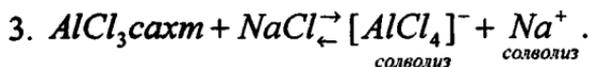
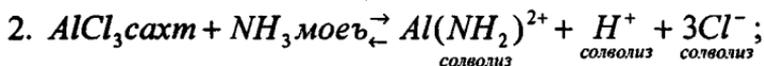
Ҳамин тавр, аз ин ҷо хулоса мебарояд, ки қувваи электролит аз табиати ҳалкунанда вобастагӣ дорад, бинобар ин назарияи классикии Аррениус танҳо ба маҳлулҳои обӣ дахл дошта, барои системаҳои, ки дар он ҷо реаксияҳои химиявӣ бе иштироки об мегузаранд, татбиқ шуда наметавонад. Танҳо ақидаҳои Бренстед- Лоури тамоми хосиятҳои ҳалкунандаҳои гуногунро (аз он ҷумла обро) дар бар гирифта метавонад, чунки қобилияти протон ҳосил намудан ё қабул намудан на танҳо ба об, балки ба як қатор моддаҳои дигар ҳам дахл дорад. Масалан,  $NH_3$  (моеъ),  $CH_3COOH$ ,  $CH_3OH$  ва як қатор дигар моддаҳо ҳалкунандаҳои протонӣ ё протондиҳанда мебошанд. Об, ки мувофиқи назарияи Аррениус ҳалкунандаи ягона ҳисоб мешуд, мувофиқи назарияи Бренстед- Лоури яке аз ҳалкунандаҳо ба шумор меравад.

Солволиз дар ҳалкунандаҳои протонӣ ба кандашавии протонҳо аз молекулаҳои ҳалкунанда мувофиқ меояд. Масалан:



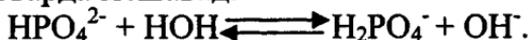
Оид ба ҳалкунандаҳои ғайриобӣ, инчунин Люис ҳам ақидаҳои худро гуфтааст. Мувофиқи ақидаҳои Люис хосияти ҳалкунандагӣ на танҳо ба моддаҳои протондиҳанда (протонӣ) балки ба моддаҳои апротонӣ ва ҳатто барои реаксияҳои, ки бе иштироки ҳалкунандаҳо мегузарад, тааллуқ дорад. Аммо дар амалияи солволиз аз ақидаҳои Люис васеъ истифода бурда намешавад.

Умуман аз навиштаҳои боло маълум мешавад, ки солволиз бо вайроншавии молекулаҳои ҳалкуннда гузашта, яке аз қисмҳои он ба таври химиявӣ пайваст мешавад. Масалан:



Дар ҳар кадоми ин реаксияҳо катионе ҳосил мешавад, ки барои ҳалкунандаи додашуда хос аст. Бинобар раванди солволизро ҳамчун раванди парахашавии молекулаи ҳалкунанда ба ионҳои мусбат ва манфӣ заряднок шуморидан мумкин.

Гидролиз (ва солволиз) барои равандҳои гуногуни олами ғайриорганикӣ ва органикӣ аҳамияти калон доранд. Масалан, нақши биологии баъзе намакҳои ба таркиби хун дохилшаванда ( $NaHCO_3$  ва  $NaNH_2PO_4$ ) аз доими нигоҳ доштани концентратсияи ионҳои гидроген иборат мебошад, ки дар асоси ин муҳити реаксия муътабил нигоҳ дошта мешавад. Ин ҳолат дар асоси лағжиши мувозинати гидролизи намакҳои дар боло навишта шуда ба амал оварда мешавад:



Агар дар таркиби хун ба ягон сабаб барзиёдии ионҳои  $H^+$  ба амал ояд, онҳо ба ионҳои  $OH^-$  пайваст шуда, мувозинатро ба тарафи рост мелағжонанд ва баръакс, дар вақти барзиёдии ионҳои  $OH^-$  мувозинат ба тарафи чап лағжиданаш лозим. Бо ёрии ин реаксия бо миқдори таъсири буферии сафедаҳо) рН-и хуни одами солим танҳо бо миқдори хеле кам аз бузургии миёнааш фарқ карда, ба 7,35 баробар аст. Дар одами солим рН-и шираи меъда - 1,5; ғадуи даҳон - 7; захра 8, арақ  $\approx$  6 мебошад.

Гидролиз ва рН-и муайян барои растаниҳо ҳам аҳамияти калон дорад. Масалан, муайян карда шудааст, ки афзоиши муътадил барои картошка дар рН  $\approx$  5, юнучқа дар рН  $\approx$  8, гандум

дар  $pH \approx 7$  шуданашон мумкин. Дар натиҷаи гидролизи карбонатҳо, обҳои сатҳи болоии уқёнусҳо муҳити каму беш ишқорӣ доранд.

Донишҷӯи қонуниятҳои гидролиз махсусан дар амалияи лабораторӣ хеле муҳим мебошад, чунки бисёр корҳои амалӣ бо иштироки моддаҳои гидролизшаванда мегузаранд.

# БОБИХ. РЕАКСИЯҲОИ ОКСИДШАВИЙ-БАРҚАРОРШАВИЙ

## 10.1. ТАВСИФИ УМУМИИ РЕАКСИЯҲОИ ОКСИДШАВИЙ-БАРҚАРОРШАВИЙ

Дар химия ду гурӯҳи реаксияҳои химиявиро фарқ мекунамд:

в) реаксияҳое, ки ба тағйирёбии дараҷаи оксидшавӣ ва б) реаксияҳое, ки бо тағйирёбии дараҷаи оксидшавии атомҳои элементҳо мегузаранд. Чунин реаксияро, ки одатан бо тағйирёбии дараҷаи оксидшавии моддаҳои дар реаксия иштироккунанда мегузаранд, реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ меноманд.

Бояд қайд кард, ки миёни мафҳумҳои валентнокӣ ва дараҷаи оксидшавӣ на танҳо фарқ балки умумият ҳам дида мешавад. Чӣ тавре, ки дар боло қайд намудем, валентнокӣ гуфта чунин қобилияти элементҳои химиявиро меноманд, ки вай метавонад ба моддаҳои дигар банди химиявӣ ҳосил кунад. Бинобар ин валентнокӣ миқдоран ба ададҳои банди химиявӣ, ки атоми элементҳои додашуда ҳосил шудааст, муайян карда мешавад. Масалан, дар  $\text{HCl}$  ва  $\text{HClO}$  валентнокии  $\text{Cl}$  ба як (1) баробар аст, чунки:



Валентнокӣ аломатҳои “+” ё “-” надорад, чунки вай танҳо ададҳои банди химиявиро ифода мекунаду тамом. Агар банди химиявӣ қутбнок бошад, онгоҳ маълум мешавад, ки электронҳои бандро ҳосилкунанда ба тарафи атоми электроманфитар лағжидаанд. Дар ин ҳолат мафҳуми дараҷаи оксидшавӣ ба кор бурда мешавад.

Аз ин ҷо маълум мешавад, ки дараҷаи оксидшавии атомин он заряди электрикиест, ки дар сурати қутбнок будани банди химиявӣ, метавонад дар атоми додашуда пайдо шавад.

Дараҷаи оксидшавии атом бо адади аломатҳои “+” ё “-” дошта ифода карда мешавад, ки онҳо адади ҷуфтҳои электронии аз як атом ба тарафи атоми дигар кашидашударо нишон

медиҳад. Масалан, дар молекулаи  $N_2$  валентнокии атом бо се (3) баробар буда ( $N \equiv N$ ), дараҷаи оксидшавиаш ба сифр (0) баробар аст, чунки банди химиявӣ дар  $N_2$  ғайриқутбист.

Дараҷаи оксидшавӣ фаҳмиши расмӣ ҳам набошад барои дида баромадан ва фаҳмидани реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ ёрии калон мерасонад.

Назарияи реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ якумин маротиба дар соли 1908 аз тарафи С.Д. Данн пешниҳод карда шуда, дар соли 1914 аз тарафи Л.В. Писаржевский инкишоф дода шудааст. Ин назария аз чунин постулатҳо иборат аст:

1) Атом дар ҳолати озод миқдори якхелаи зарядҳои мусбат ва манфӣ дорад. Атомҳои элементҳои метавонанд дар реаксияҳои химиявӣ то 7- 8 электрон ҷудо кунанд.

2) Реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ аз гузаштани электронҳо аз атомҳои додашуда ба дигар атомҳои иборат буда, зарядҳои мусбат дар атомҳои электрондиҳанда боқӣ мемонанд.

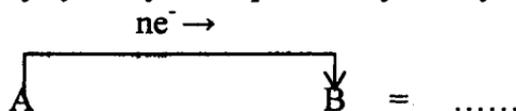
3) Кандашавии электрон аз атом (“оксидшавӣ”) танҳо дар ҳолате ба амал меояд, ки агар дар муҳит дигар атоми ин электронро қабулкунанда (“барқароршавӣ”) вучуд дошта бошад. Алоҳида вучуд доштани реаксияҳои оксидшавӣ ва барқароршавӣ аз имкон берун аст. Реаксияи оксидшавӣ-барқароршавӣ дар якҷоягӣ ба амал меояд.

4) Оксидшавӣ равандест, ки дар натиҷаи он дараҷаи оксидшавӣ калон ва барқароршавӣ равандест, ки дар натиҷаи он дараҷаи оксидшавӣ хурд мешавад ( $-1 > -2$ ,  $O > -1$ ).

5) Аз гуфтаҳои боло хулоса мебарояд, ки дар якҷоягии ин ду раванд шартӣ асосии қонуни нигоҳдории массаи моддаҳои нисбат ба электронҳои рӯя карда мешавад. Яъне адади электронҳои додашуда ба адади электронҳои гирифташуда баробар аст.

Ҳамин тавр, дар химияи ғайриорганикӣ ҳодисоти оксидшавӣ ва барқароршавиро ҳамчун раванди гузаштани электронҳо аз оксидшаванда ба оксидкунанда фаҳмидан мумкин. Маҳз аз ҳамин ҷиҳат реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ ва реаксияҳои оддии ивазӣ фарқи кулӣ доранд.

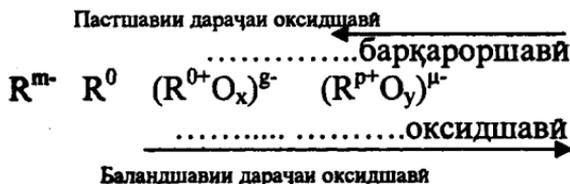
Раванди гузариши электронҳоро дар реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ ба таври умумӣ чунин ифода намудан мумкин:



барқарор кунанда                      оксидкунанда

Барқароркунанда – моддаест, ки электронҳои худро медиҳад, оксидкунанда бошад, моддаи электронҳоро қабулкунанда (фиксатсиякунанда) аст. Бинобар ин оксидшавӣ-ин раванди додани (гум кардани) электронҳо буда, барқароршавӣ-ин раванди қабул кардани онҳост, ё худ барқароркунанда доимо оксид шуда, оксидкунанда барқарор мешавад. Ҳар дуи ин ҳолат қисмҳои таркибии як реаксияи умумӣ-реаксияи оксидшавӣ-барқароршавӣ мебошанд ва бинобар онҳо бе якдигар вучуд дошта наметавонанд.

Оксидкунандаҳо ё барқароркунандаҳо метавонанд атомҳо, молекулаҳо, ионҳои содда ва мураккаб бошанд. Азбаски дар вақти оксидшавию барқароршавӣ гузариши электронҳо ҷой дорад, бинобар якбора тағйирёбии заряд ё валентнокии ҳиссаҷаҳои бо ҳамтаъсиркунанда ба амал меояд. Масалан, барои элементи ғайриметаллӣ, ки валентнокии тағйирёбанда дорад, чунин гузаришҳо хос мебошанд:



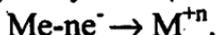
Дар ин ҷо  $\text{R}^{m-}$  иони манфии элементарӣ, ки танҳо барқароркунанда шуда метавонад,  $(\text{R}^{p+}\text{O}_y)^{u-}$  иони манфии мураккаб, ки дар он элементи R валентнокии максималии мусбати худро зоҳир намуда, танҳо оксидкунанда буда метавонад;  $\text{R}^0$   $(\text{R}_{n+}\text{O}_x)^{z-}$  ҳолатҳои мобайнии элементи химиявӣ, ки хосиятҳои оксидкунандагӣ ва барқароркунандагӣ доранд:



## 10.2. ТАСНИФИ ОКСИДКУНАНДАҶО ВА БАРҚАРОРКУНАНДАҶО

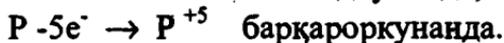
Ҷй тавре, ки дар боло қайд намудем, хосияти оксид - ва барқароркунандагиро атомҳо ва молекулаҳои нейтрал, ионҳои содда ва мураккаб зоҳир мекунад. Бинобар таснифи онҳо ба ҳамин хосиятҳо асоснок кунонида шудааст.

а) **Хосиятҳои оксидкунандагӣ- барқароркунандагӣ атомҳо ва молекулаҳои нейтрал.** Атомҳо ва молекулаҳои нейтрал танҳо барқароркунанда, ҳам барқароркунандаю ҳам оксидкунанда, танҳо оксидкунанда шуда метавонанд. Атомҳои металлҳо асосан электрон гум карда, ионҳои мусбат ҳосил мекунад:



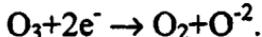
Барои металлҳо ҳосил намудани ионҳои манфӣ хос нест. Яъне ҳамаи онҳо барқароркунандаҳо мебошанд. Мисол: K, Ca, Al, Mg, Cu, Zn, Fe ва ғайраҳо. Дар вақтҳои охир дар газҳои инертӣ ҳам хосиятҳои барқароркунандагӣ мушоҳида карда шудааст.

Ба гурӯҳи барқароркунандаҳо- оксидкунандаҳо асосан атомҳо ва молекулаҳои ғайриметаллҳо (ғайр аз F<sub>2</sub>) тааллуқдоранд. Намоёндагони ин гурӯҳ метавонанд электрон қабул карда, хосияти оксидкунандагиро зоҳир намоёнд, ё худ электрон дода, хосияти барқароркунандагиро зоҳир намоёнд. Масалан:



Ба ин гурӯҳ ғайр аз фосфор инчунин S, Se, Te, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>; J<sub>2</sub> ва дигарҳо мисол шуда метавонанд.

Ба гурӯҳи оксидкунандаҳо аз атомҳо ва молекулаҳо F<sub>2</sub> ва молекулаҳои мураккаб (масалан озон) мисол шуда метавонанд. Онҳо танҳо электрон қабул намуда, хосияти оксидкунандагӣ зоҳир мекунад. Масалан: F<sub>2</sub>+2e<sup>-</sup> → 2F<sup>-</sup>;

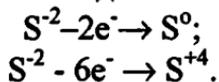


Агар хосияти барқароркунандагӣ оксигенро дар молекулаи O<sup>+2</sup>F<sub>2</sub><sup>-</sup> (дифториди оксиген) ба ҳисоб нагирем, онгоҳ O<sub>2</sub><sup>-</sup> ро ҳам ба ҳамин гурӯҳ дохил намудан мумкин.

б). Хосияти оксидкунандагӣ - барқароркунандагии ҳиссаҷаҳои элементарӣ. Ба ҳиссаҷаҳои элементарӣ ҳиссаҷаҳои манфии ғайриметаллӣ ва мусбати металлӣ тааллуқ доранд. Ҳиссаҷаҳои элементарии манфӣ аз атомҳои нейтралӣ ғайриметаллҳо, дар натиҷаи электрон қабул намудан (то қабати октетӣ ҳосил шуданашон) пайдо мешаванд. Масалан, атоми сулфур, ки конфигуратсияи электроники 2) 8) 6)-ро дорад, метавонад 2 электрон қабул намуда, ҳиссаҷаҳи манфии дузарҷаҳи  $S^{-2}$  ҳосил кунад, ки конфигуратсияи электроники 2) 8) 8)-ро дорад. Ҳамаи ҳиссаҷаҳои манфии ғайриметаллҳо дар қабати берунашон 8 электрон доранд, бинобар онҳо метавонанд танҳо электрон дода, хосияти барқароркунандагиро зоҳир намоянд.

Ҳиссаҷаҳои элементарии мусбат заряднок аз атомҳои, ки электронҳои валентии худро гум кардаанд, ҳосил мешаванд. Дар ин ҳолат ҳиссаҷаҳои металлҳо дорои зарҷади мусбати максималӣ шуданашон мумкин (агар ҳамаи электронҳои валентиашонро гум кунанд), ё худ як қисми миёна (нопураҳо) ҳосил мекунанд. Масалан, қалъагӣ, ки конфигуратсияи электроники 2) 8) 18) 4)-ро дорад, метавонад 4 ё 2 электрони худро гум карда ҳиссаҷаҳои  $Sn^{+4}$  ё  $Sn^{+2}$  -ро, ки конфигуратсияи-2) 8) 18) 18), ё 2) 8) 18) 18) 2)-ро доранд, ҳосил намояд. Дар ин ҳолат ҳиссаҷаҳи  $Sn^{+4}$  танҳо оксидкунанда, ҳиссаҷаҳи  $Sn^{+2}$  бошад оксидкунанда ва барқароркунанда шуда метавонанд.

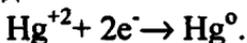
Ҳамин тавр, ҳиссаҷаҳои элементарии манфӣ заряднок танҳо барқароркунанда мебошанд. Онҳо дар реаксияҳои химиявӣ электрон гум карда, ба атомҳои нейтралӣ ё ҳиссаҷаҳои мусбат заряднок табдил меёбанд. Масалан:



Ба ингуна ҳиссаҷаҳи инчунин  $Br^{-}$ ,  $J^{-}$ ,  $Se^{-2}$ ,  $P^{-3}$ ,  $Te^{-2}$  ва ғайраҳо мисол шуда метавонанд.

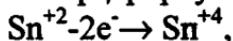
Ҳиссаҷаҳои элементарии мусбат заряднок баръакс, метавонанд ҳам оксидкунанда ва ҳам барқароркунанда шаванд. Ҳиссаҷаҳои оксидкунанда одатан ҳиссаҷаҳои зарядноки

зарядашон максималӣ буда, дар реаксияҳои химиявӣ танҳо электрон қабул мекунад:

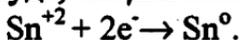


Ғайр аз ин ба ингуна ҳиссаҷаҳо инчунин  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Au}^{+3}$ ,  $\text{Pb}^{+4}$  ва ғайраҳо мисол шуда метавонанд.

Ҳиссаҷаҳои элементарии оксидкунанда-барқароркунанда, одатан ҳиссаҷаҳои заряди максималӣ надошта мебошанд. Онҳо вобаста ба шароити реаксия метавонанд электрон гум карда, нақши барқароркунандаро бозанд:



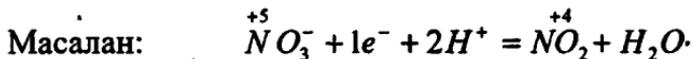
ё худ электрон қабул намуда, нақши оксидкунандаро бозанд:



Ба ин гурӯҳ инчунин  $\text{Mn}^{+4}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Ti}^{+3}$  ва ғайраҳо мисол шуда метавонанд.

Дар маҳдлулҳо одатан бо шакли мустақилона танҳо ҳиссаҷаҳои зарядашон 1, 2 ва 3 (кам 4) буда вомехӯранд.

в) **Ҳосиятҳои оксидкунандагӣ-барқароркунандагӣ ҳиссаҷаҳои мураккаби манфӣ заряднок.** Ҳосияти ингуна ҳиссаҷаҳо ба бузургии валентнокии мусбати атоми марказӣ вобаста аст. Агар атоми марказӣ дар ингуна ҳиссаҷаҳои манфизарядноки мураккаб валентнокии мусбати максималии худро зоҳир карда бошад, онҳо танҳо оксидкунанда буда, танҳо электрон қабул менамоянд, ки дар натиҷаи он ба ҳолати валентнокии паст мегузаранд.



Ба ингуна ҳиссаҷаҳо инчунин  $\text{MnO}_4^{-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{SeO}_4^{-}$ ,  $\text{ClO}_4^{-}$  ва ғайраҳо мисол шуда метавонанд.

Агар дар иони мураккаби манфизаряднок атоми марказӣ валентнокии мобайнии (нопураи) худро зоҳир карда бошад, онгоҳ онҳо метавонанд ҳосиятҳои ҳам оксидкунандагӣ ва ҳам барқароркунандагиро зоҳир кунанд. Онҳо электрон гум карда,

хосияти барқароркунандагӣ зоҳир менамоянд ва дар натиҷа ба ҳолати валентнокии баланд мегузаранд. Масалан:



Онҳо метавонанд электрон қабул намуда хосияти оксидкунандагӣ зоҳир намоянд ва дар натиҷа ба ҳолати валентнокии паст гузаранд. Масалан:



Ба ин гуна ҳиссаҷаҳон оксидкунанда- барқароркунанда инчунин  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SeO}_3^{2-}$ ,  $\text{TeO}_3^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{2-}$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$  ва ғайраҳо мисол шуда метавонанд. Бояд қайд кард, ки дар амалия бештар чунин барқароркунандаҳо ва оксидкунандаҳо истифода бурда мешаванд.

**Барқароркунандаҳо:** металлҳо, гидроген, оксиди карбон (II), гидрогенсулфид  $\text{H}_2\text{S}$ , пайвастагиҳои сулфури чорвалента ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , сулфитҳо), нитрити натрий  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{KJ}$ ,  $\text{Na}_2\text{HAsO}_3$ , тетрагидроксостанати натрий  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$  ва  $\text{TiCl}_3$ .

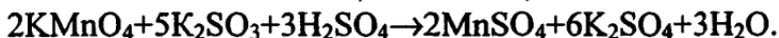
**Оксидкунандаҳо:**  $\text{O}_2$ , галогенҳо,  $\text{HNO}_3$ , кислотаи концентрониди сулфат  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , персулфати натрий  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , гипохлорити натрий  $\text{NaClO}$ ,  $\text{O}_3$ , хлорати калий  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{KBrO}_3$ , ионҳои металлҳои асил.

### 10.3. ТАРТИБ ДОДАНИ МУОДИЛАҲОИ РЕАКСИЯҲОИ ОКСИДШАВИ- БАРҚАРОРШАВИ

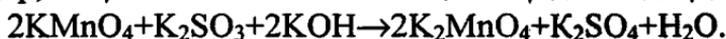
Барои тартиб додани муодилаҳои реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ зарур аст, ки формулаҳои моддаҳои барои реаксия гирифташуда ва формулаи моддаҳои маҳсулоти реаксияро донем. Маҳсулоти реаксияро одатан дар асоси далелҳои таҷрибавӣ донишҷӯ мумкин аст.

Масалан, муайян намудан лозим, ки дар вақти барқароршавии перманганат- ион  $\text{MnO}_4^-$  дар муҳитҳои кислотагӣ, ишқорӣ ва нейтрал кадом моддаҳо ҳосил мешаванд.

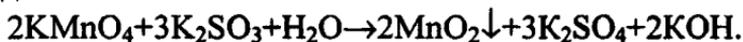
Барои ин чунин таҷриба мегузаронем. Ба 3 пробирка 3-4 қатрагӣ маҳлули обии  $\text{KMnO}_4$  гирифта, ба яке аз пробиркаҳо 3-4 қатра маҳлули 2н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ба дуюмаш 3-4 қатра маҳлули 2н ишқор ва ба сеюмаш 3-4 қатрагӣ маҳлули сулфити калий илова менамоем. Барои муқоисаи пешакӣ маҳлулҳои ионҳои  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$  ва  $\text{MnO}_2$  доштара таъри менамоем. Ранги маҳлулҳои контролӣ ва таҷрибавиро муқоиса менамоем. Берангшавии перманганати калий дар муҳити турш (кислотаи сулфат дошта), ба ҳосилшавии иони  $\text{Mn}^{2+}$  шаҳодат медиҳад:



Гузариши ранги нофармон ба сурхчатоб, дар пробиркаи ишқордор, ба ҳосилшавии иони  $\text{MnO}_4^{2-}$  шаҳодат медиҳад:



Ҳосилшавии таҳшинӣ дар пробиркаи муҳиташ нейтрал (сейюми обдор) ба барқароршавии иони  $\text{MnO}_4^-$  то  $\text{MnO}_2$  шаҳодат медиҳад:



Дар ҳамин асос барқароршавии бихромат-ионро бо ёрии сулфит – ион, дар муҳитҳои турш ва ишқорӣ, муайян мекунанд.

Бисёр вақт ҳосилшавии маҳсулоти реаксияро дар асоси ҳосиятҳои моддаҳои ба ҳамтаъсиркунанда пешбинӣ намудан мумкин.

Агар реаксия дар маҳлулҳои обӣ равад, онгоҳ иштироки он дар вақти тартиб додани муодилаи реаксияҳо ба ҳисоб гирифта мешавад. Одатан барои тартиб додани муодилаи реаксияҳои оксидшавӣ- барқарорашавӣ аз ду метод истифода мебаранд: методи баланси электронӣ ва методи ионӣ- электронӣ. Дар асоси ҳар ду метод он чиз ба ҳисоб гирифта шудааст, ки электронҳои аз тарафи барқароркунанда додашуда бояд ба миқдори электронҳои аз тарафи оксидкунанда қабул шуда баробар бошад.

Барои қулай шудан дар вақти тартиб додани муодилаҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ чунин мепиҷдоранд, ки кашиши электронҳо не, балки додашудани онҳо ба амал меояд. Ҳамин тавр реаксияи оксидшавӣ ва барқароршавӣ бо ёрии муодилаҳои

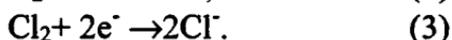
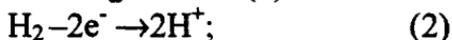
электронӣ, ки онҳо дараҷаи оксидшавии барқароркунанда ва оксидкунандаро ва инчунин миқдори электронҳои додашуда ва қабул кардашударо нишон медиҳанд, ифода меёбанд. Одатан дар амалия реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавии зеринро фарқ мекунанд: реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавии оддитарин, реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ дар муҳитҳои кислотагӣ, ишқорӣ, нейтрал ва реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавии намууди махсус.

Реаксияи бо ҳамтаъсиркунии гидроген ва хлор мисоли реаксияи оксидшавӣ- барқароршавии оддитарин мебошад:



Моддаҳои барои реаксия гирифташуда (гидроген ва хлор) электронейтрал мебошанд. Дар равиши реаксия атоми гидроген электрони худро ба хлор дода истода, ба ҳиссаҷаи гидрогени мусбат якзаряда ( $\text{H}^+$ ) табдил меёбад. Атоми хлор электронро қабул карда истода, ба ҳиссаҷаи манфизарядноки  $\text{Cl}^-$  табдил меёбад.

Раванди тағйирёбии дараҷаи оксидшавии ин элементҳои метавонад бо ёрии муодилаи электронӣ ифода ёбад, ки дар натиҷа бояд миқдори атомҳои якхела дар ҳар ду тарафи баробарӣ баробар бошанд. Аз муодилаи (1) дида мешавад, ки:



Бояд аз паҳлӯҳои чапи муодилаҳои навишташуда коэффитсиентҳои гузошта шаванд, то ин ки миқдори электронҳои додашуда ва қабул кардашуда баробар шаванд, баъд аз он муодилаи умумии электронии реаксияро менависанд.

Мисоли дигари реаксияи оксидшавӣ- барқароршавии оддитарин –реаксияи бо ҳамтаъсиркунии метали алюминий бо маҳлули сулфати мис шуда метавонад:

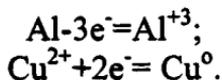


1. Пеш аз ҳама муайян мекунем, ки чӣ барқароркунанда ва чӣ оксидкунанда аст. Al металл, барқароркунанда аст, атомҳои

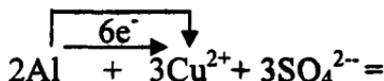
он электронҳои худро гум мекунад. Ионҳои  $\text{Cu}^{2+}$  оксидкунанда мебошад, яъне электрон қабул мекунад:



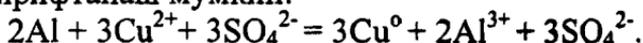
2. Миқдори электронҳоеро, ки барқароркунанда гум кардааст ва оксидкунанда қабул намудааст, муайян мекунем. Агар ин миқдор баробар набошад, онҳоро бо ёрии зарбкунандаи умумӣ баробар мекунанд. Онгоҳ схемаи баланси электронӣ чунин мешавад:



Дар ин ҷо бояд қоидаи асосии баланси электронӣ риоя карда шавад, ки мувофиқи он: адади умумии электронҳо, ки барқароркунанда гум мекунад, бояд ба адади умумии электронҳои аз тарафи оксидкунанда қабул карда шуда баробар бошад. Аз ин ҷо:



3. Тарафи рости муодилаи реаксияро тартиб медиҳем, ки дар асоси он формулаҳои моддаҳои ҳосилшуда бо коэффитсиентҳои меистанд. Онгоҳ муодилаи реаксия чунин намудро гирифтаниш мумкин:



Аз муодилаҳои электронӣ истифода бурда истода мо метавонем ба осонӣ дар реаксияҳои оксидшавию барқароршавии мураккаб коэффитсиентҳоро бе хатто гузорем.

Дар вақти тартиб додани муодилаи реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ дар маҳлулҳои обӣ аз методи электронӣ-ионӣ истифода бурдан ба мақсад мувофиқ аст. Методи электронӣ-ионӣ схемаи расмӣ реаксияҳои оксидшавӣ – барқароршавиро нишон дода, моҳияти механизми реаксияро ифода намекунад. Аммо бартарии ин метод аз он иборат аст, ки вай ба маҳсулотҳои реаксия тақия карда истода, нақши муҳитеро, ки дар он реаксияи оксидшавӣ- барқароршавӣ мегузарад, нишон медиҳад.

Ҳамин тавр, ингуна реаксияҳои оксидшавӣ – барқароршавӣ дар муҳитҳои кислотагӣ, ишқорӣ, нейтрал гузаштанашон мумкин, инчунин кислотаҳо, ишқорҳо ва об ҳам иштирок доранд. Дар ин ҳолат тартиб додани муодилаҳои реаксияҳо аз он сабаб мушкил мешавад, ки мо бояд на танҳо барои барқароркунада ва оксидкунанда, балки барои молекулаҳои муҳит ҳам коэффитсиент ёбем.

Бояд қайд кард, ки вобаста ба хусусияти муҳит адади электронҳои аз тарафи барқароркунанда гум карда шуда ё аз тарафи оксидкунанда қабул карда шуда гуногун мешаванд. Ин тағйирёбӣ инчунин ба концентратсияи моддаҳои бо ҳамтаъсиркунада ҳам вобаста аст. Дар ҷадвали 19 баъзе барқароркунандаҳо ва оксидкунандаҳо бо хосиятҳоишон ҷамъ оварда шудаанд.

Муодилаҳои реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ дар муҳитҳои гуногун бо се зинаи пай дар пай ифода меёбанд:

- Маҳсулотҳои аввалаи реаксия;
- Маҳсулотҳои мобайнӣ ва бо ҳам кашиши онҳо;
- Маҳсулотҳои охиринаи реаксия.

Барои зинаи дуюмро ифода намудан, қоидаи кашишро доништан зарур аст.

Қоидаи кашиш дар реаксияи оксидшавӣ-барқароршавӣ инҳоро дар бар мегирад:

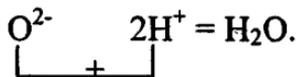
а) атомҳои дараҷаи оксидшавии +4, +5, +6 ва +7 дошта, ки дар реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ ҳосил мешаванд, бо атоми оксиген кашида шуда, ионҳои манфии боқимондаи кислотагиро  $-(RO_4)^{n-}$ ,  $(RO_3)^{m-}$  ҳосил мекунанд.

Бояд қайд кард, ки ҳиссаҳои  $C^{+4}$ ,  $S^{+4}$ ,  $Mn^{+4}$  ва  $Pb^{+4}$  буда, дар муҳити турш ва нейтрал дуоксидҳои  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $MnO_2$  ва  $PbO_2$ -ро ҳосил мекунанд. Элементҳои амфотерии валентнокии мусбаташон +2,+3 ва +4 буда, дар муҳити ишқорӣ гидросокомплексҳои  $[Me(OH)_4]^{2-}$ ,  $[Me(OH)_6]^{3-}$  ва  $[Me(OH)_6]^{2-}$ -ро ҳосил мекунанд.

Баъзе барқароркунандаҳо, оксидкунандаҳо ва ҳосиятҳои онҳо

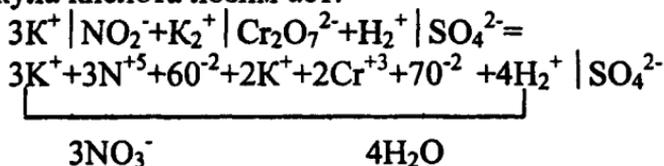
Барқароркунанда	Адади электронҳои гумкардашуда	Шакли оксидшудаи барқароркунанда	Шароити гузаронидани реаксия (муҳит)	Оксидкунанда	Адади электронҳои қабулкардашуда	Шакли барқароршудаи оксидкунанда	Шароити гузаронидани реаксия (муҳит)
Me	n	M <sup>n+</sup>		MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5	Mn <sup>+2</sup>	турш
H	1	H <sup>+</sup>		MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	3	MnO <sub>2</sub>	нейт.
Fe <sup>+2</sup>	1	Fe <sup>+3</sup>		MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1	MnO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	иш-рй
Sn <sup>+2</sup>	2	[SnCl <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup>	д. ишт. HCl	MnO <sub>2</sub>	2	Mn <sup>+2</sup>	турш
Cl <sup>-</sup>	1	Cl <sup>0</sup>		Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	6	2Cr <sup>+3</sup>	турш
J	1	J <sup>0</sup>		PbO <sub>2</sub>	2	Pb <sup>+2</sup>	турш
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	кисл. конс
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	NO	кисл. сероб
S <sup>2-</sup>	2	S <sup>0</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8	NH <sub>3</sub>	таъс. Ме
S <sup>2-</sup>	6	SO <sub>2</sub>	сузиш	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1	NO	
S <sup>2-</sup>	8	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	окс-да	O <sub>2</sub>	4	2O <sup>2-</sup>	
AsO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	2	AsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		[O <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>	2	2O <sup>2-</sup>	
[O <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>	2	O <sub>2</sub>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2	SO <sub>2</sub>	
Mn <sup>+2</sup>	2	MnO <sub>2</sub>	нейт. иш-рй	Cl <sub>2</sub>	2	2Cl <sup>-</sup>	кисл. конс
[Sn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	2	[Sn(OH) <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup>	иш-рй	Br <sub>2</sub>	2	2Br <sup>-</sup>	

б) ионҳои изофаи (барзиёди) O<sup>2-</sup> дар муҳити турш бо ионҳои H<sup>+</sup> молекулаҳои обро ҳосил мекунанд:

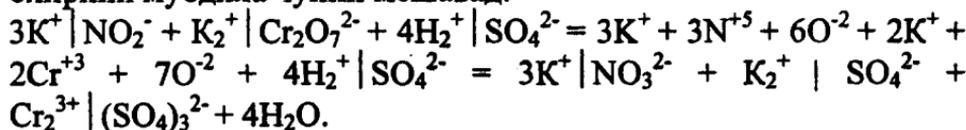




сарф мешавад. Азбаски миқдори умумии  $0-13$  то буд,  $4O^{2-}$  боқи мемонад. Мувофиқи бахши (б)- и қоидаи кашиш ин  $4O^{2-}$  бо ионҳои  $H^+$  кашидашуда,  $4H_2O$  ҳосил мекунанд, ки барои ин  $4$  молекула кислота лозим аст:



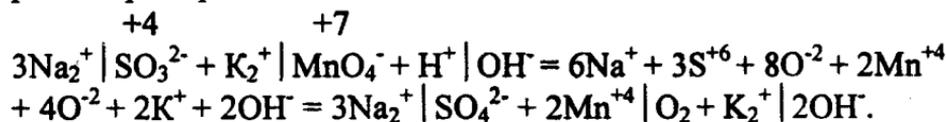
4. Коэффициенти кислотаро ба тарафи чапи муодила ҳам гузошта, дар тарафи рост маҳсулоти охирини реаксияро менависем (онро дар назар дошт, ки ҳамаи ионҳои металлҳои зарядашон  $1+$ ,  $2+$ ,  $3+$  намакқоро ҳосил мекунанд). Онгоҳ намуди охирини муодила чунин мешавад:



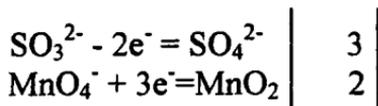
Албатта дар амалия як муодиларо  $4$  маротиба наменависанд, танҳо зинаи охиринаш ( $4$ )-ро тартиб дода, зинаҳои  $1$ ,  $2$  ва  $3$ , ғайр аз схемаи баланси электронӣ, дар назар дошта мешаванд.

Принсипи тартиб додани муодилаи реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ дар муҳити нейтрал ба монанди муҳити кислотагӣ буда, танҳо дар вақти кашиши ионҳо бахши (б) иҷро карда намешвад. Агар атомҳои валентнокиашон  $4$  ва баландтар ҳосил нашаванд, бахши (а) ҳам иҷро карда намешавад.

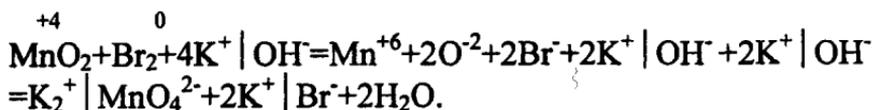
Гуфтаҳои болоро дар мисоли оксидшавии сулфити натрий аз таъсири перманганати калий дида мебароем. Ҳамаи шартҳои қоидаи кашишро ба ҳисоб гирифта мо чунин муодилаи реаксияро тартиб дода менависем:



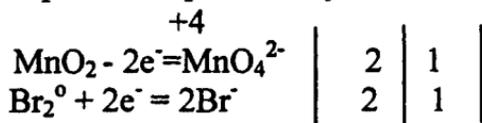
Баланси электронии ин реаксия чунин аст:



Тартиб додани муодилаи реаксияи оксидшавӣ-барқароршавиро дар муҳити ишқорӣ, дар мисоли оксидшавии  $\text{MnO}_2$  аз таъсири  $\text{Br}_2$  дида мебароем. Бояд онро дар назар дошт, ки  $\text{MnO}_2$  дар муҳити ишқорӣ то  $\text{Mn}^{+6}$  оксид мешавад, бинобар ин пунктҳои (а) ва (г) қоидаи кашишро истифода бурда, чунин муодила тартиб дода метавонем:



Баланси электронии ин реаксия чунин аст:



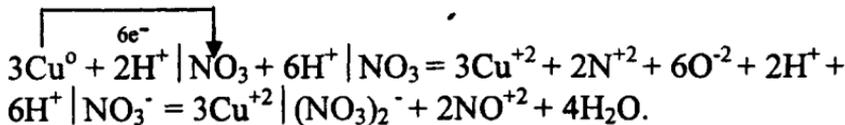
Мо намудҳои реаксияро дида баромадем, ки дар онҳо чунин қисмҳои таркибӣ иштирокдоранд:



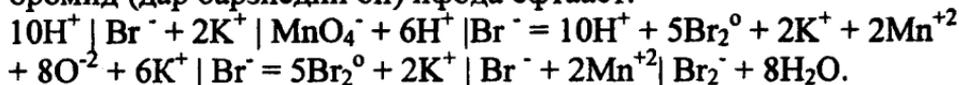
Аммо дар амал чунин реаксияҳое вомехӯранд, ки муҳит нақши иловагии оксидкунанда ё барқароркунандаро иҷро менамояд; баръакс, оксидкунанда ё барқароркунанда метавонанд нақши муҳитро иҷро намоянд. Онгоҳ ингуна реаксияҳоро бо чунин схема ифода намудан мумкин:



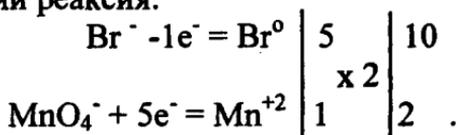
Дар чунин реаксияҳо моддаи додасҳударо дар муодила ду маротиба менависанд. Принципи тартиб додани муодила бошад бетағйир мемонад. Ин суҳанҳоро дар мисоли оксидшавии мис дар кислотаи нитрат дида мебароем:



Бояд қайд кард, ки нитрогени дувалента NO-ро ҳосил намуда аз 8 молекулаи HNO<sub>3</sub> танҳо 2- тоаш барои оксид намудани мис ва 6- тоаш ба сифати муҳит – намакҳосилкунанда ба кор бурда мешаванд. Боз як мисоли дигарро дида мебароем, ки дар он реаксияи барқароршавии KMnO<sub>4</sub> аз таъсири кислотаи бромид (дар барзиёдии он) ифода ёфтааст:



Баланси электронии реаксия:

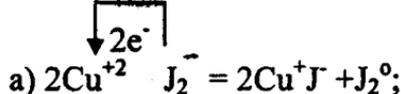


Дар муодила коэффитсиентҳоро ду маротиба зиёд намудан лозим, чунки адади атомҳои бром тоқ аст. Аз 16 молекулаи HBr 10-тоаш ба сифати барқароркунанда, 6-тоаш ҳамчун муҳит истифода бурда мешаванд. Дар ин ҷо бахши (б) қоидаи кашии истифода бурда шудааст.

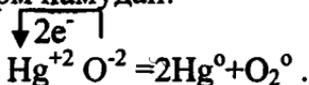
Дар молекулаҳои баъзе моддаҳо метавонанд якбора ионҳо- барқароркунандаҳо ва ионҳо- оксидкунандаҳо мавҷуд бошанд. Бинобар ин имконияти гузариши электронҳо аз барқароркунандаҳо ба оксидкунандаҳо дар дохили ингуна молекулаҳо вучуд дорад.

Чунин реаксияҳо- реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавии дохили молекулавӣ номида мешаванд. Барои баъзе моддаҳо чунин реаксияҳо дар ҳарорати муқаррарӣ мегузаранд, барои баъзеи дигарашон энергияи беруна (гармӣ) лозим аст. Аз ин ҷо ба чунин ҳулоса омадан мумкин, ки ноустувории бисёр моддаҳои мураккаб ба чунин реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавии дохили молекулавӣ вобаста мебошад. Мисоли чунин реаксияҳо инҳо шуда метавонанд (дар ҳарорати муқаррарӣ):



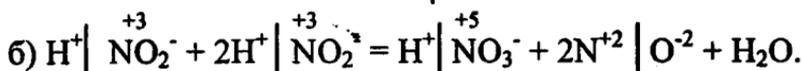
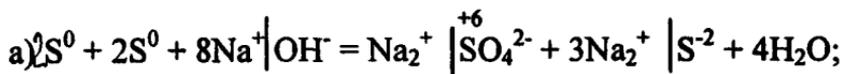


б) дар вақти гарм намудан:



Чунин моддаҳои содда ва муракабе дучор мешаванд, ки метавонанд ҳам хосиятҳои оксидкунандагӣ ва ҳам хосиятҳои барқароркунандагиро зоҳир кунанд. Бешубҳа дар шароитҳои муайян баъзе атомҳо (ё молекулаҳо) метавонанд бо ҳамингуна дигар атомҳо (ё молекулаҳо) электронҳои худро диҳанд.

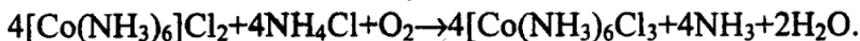
Ингуна реаксияҳои номи худоксидшавӣ - худбарқароршавиро (ё худ диспропорсиониро) гирифтаанд. Мисолҳои ингуна реаксияҳоро дар бо ҳамтаъсиркунии сулфур бо ғудохтаи ишқори натрий ва вайроншавии кислотаи нитрит дида мебароем. Азбаски як модда дар ингуна реаксияҳо ҳам барқароркунанда ва ҳам оксидкунанда мебошад, бинобар онро дар муодила ду маротиба менависанд:



Аз сабаби ҷой доштани реаксияҳои диспропорсионӣ бисёр моддаҳо дар муҳити кислотагӣ хеле ҳам ноустувор мебошанд.

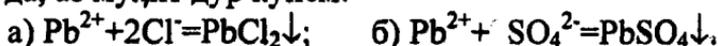
#### 10.4. ТАДБИҚИ РЕАКСИЯҲОИ ОКСИДШАВИ - БАРҚАРОРШАВИ

Оксидкунандаҳо ва барқароркунандаҳо дар амалии лабораторӣ ва саноат бо таври васеъ истифода бурда мешаванд. Дар вақти ҳосил намудани бисёр пайвастагиҳои комплексӣ реаксияҳои тезгузарандаи оксидшавиро ба қор мебаранд. Масалан, барои тайёр намудани як қатор комплексҳои кобалт (III) маҳсулоти истифода бурда мешудагӣ ҳама вақт ягон намаки кобалт (II) мебошад, чунин дараҷаи оксидшавии кобалт одатан дар намакҳои соддааш ба 2 баробар аст:

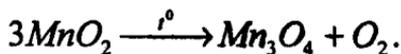
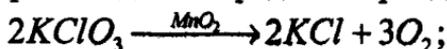


Ба сифати оксидкунанда на танҳо оксиген, балки дигар моддаҳоро ҳам истифода бурдан мумкин. Аммо, на ҳамаи онҳо дар татбиқ қулай ҳастанд. Чунин оксидкунандаҳо, ба монанди перманганати калий  $\text{KMnO}_4$  ва бихромати калий  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  дар омехтаи реакционӣ ионҳоеро дохил карданашон мумкин, ки онҳоро аз маҳсулот ҷудо намудан хеле душвор аст. Оксидкунандаҳои дигар бошанд (оксиген, пероксиди гидроген ва дигарҳо) ба муҳити реаксия омехтаи ионҳои бегонаро дохил намекунанд.

Инчунин оксидкунадаҳои қулай онҳое мебошанд, ки маҳсулоти реаксия дар об бадҳалшаванда буда, бинобар онҳоро аз муҳит бо осонӣ дур намудан мумкин аст. Масалан, дуоксиди қурғошим  $\text{PbO}_2$  дар реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ то иони  $\text{Pb}^{2+}$  барқарор мешавад, аммо мо метавонем онро бо шакли пайвастагиҳои бадҳалшавандаш ( $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{PbJ}_2$ ,  $\text{PbSO}_4$  ва ғайраҳо) филтр намуда, аз муҳит дур кунем:



Дар амалияи лабораторӣ барои ҳосил намудани оксиген бештар аз реаксияи таҷзияи намаки бертолет (дар иштироки катализатори  $\text{MnO}_2$ ) ва дигар моддаҳои оксигендори ба чунин реаксия дучоршаванда истифода мебаранд:



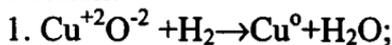
Барои ҳосил намудани хлор аз кислотаи хлорид оксидкунандаҳои  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KClO}_3$  ва  $\text{MnO}_2$  истифода бурда мешаванд.

Бояд қайд кард, ки на ҳама вақт оксидшавӣ- барқароршавӣ барои мо зарур аст. Баъакс, онҳо аксаран ба мақсад мувофиқ нестанд, онгоҳ зарур аст, ки ин раванд нигоҳ дошта шавад. Масалан, пайвастагиҳои химиявии металлҳои дараҷаи оксидшавиашон паст ба реаксияҳои оксидшавӣ чунон ҳассос

мебошанд, ки онҳоро дар атмосфераи нейтралӣ бе оксиген ва буғҳои об нигоҳ доштан лозим меояд. Баъзан барои пешгирии намудани чунин равандҳои оксидкунии ба мақсад номувофиқ реаксияи химиявиро дар муҳитҳои газӣ инертӣ дошта (нитроген ё аргон) мегузаронанд.

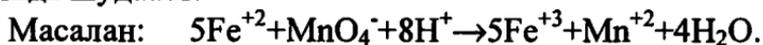
Дар амалия ҳосиятҳои барқароркунандагии гидроген, алюминий, калсий ва баъзе дигар моддаҳои содда барои ҳосил намудани металлҳои тоза аз оксидҳо ё сулфидҳояшон истифода бурда мешаванд.

Масалан:

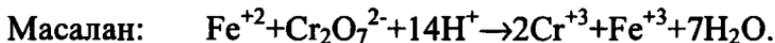


Реаксияҳои намуди (2) дар амалияи металлургия ба номи алюмотермия татбиқи васеъ доранд. Махсусан реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ дар химияи таҳлили васеъ истифода бурда мешаванд. Дар асоси ин реаксияҳо методҳои гуногуни ҳаҷмии миқдоран муайян намудани моддаҳо кор карда баромада шудааст, ки муҳимтаринашон инҳо мебошанд.

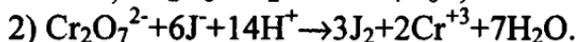
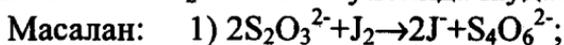
1. **Перманганометрия**- ба реаксияи оксидкунии барқароркунандаҳо аз таъсири перманганат- ион асоснок кунонида шудааст.



2. **Бихроматометрия** – ба реаксияи оксидкунии барқароркунандаҳо аз таъсири бихромат- ион асоснок кунонида шудааст.

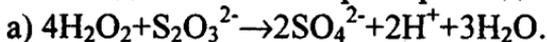


3. **Иодометрия** – ба реаксияҳои барқароршавии  $\text{J}_2$  то  $\text{J}^{-}$  ва оксидшавии  $\text{J}^{-}$  то  $\text{J}_2$  асоснок кунонида шудааст.

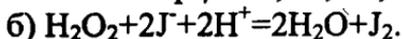


Дар методҳои кинетикии таҳлил инчунин як қатор реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ татбиқи васеъ доранд.

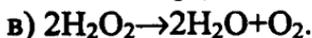
1. Оксидшавӣ аз таъсири пероксиди гидроген:



Каталлизаторҳо: Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W.



Каталлизаторҳо: Mo, W, Ta, Fe.

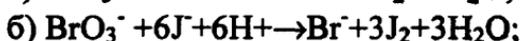
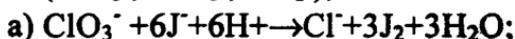


Каталлизаторҳо: Cu, Fe, Mn, Pd (дар муҳити ишқорӣ).

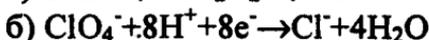


2. Оксидшавӣ аз таъсири оксигени ҳаво: реаксияҳои оксидшавии тиокислотаҳо, кислотаи аскорбин, намаки натрийгии кислотаи арсенат ва ғайраҳо (барои микротаҳлили мис истифода бурда мешаванд).

3. Оксидшавӣ аз таъсири ионҳои намуди  $\text{XO}_3^-$  ( $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ );



4. Оксидшавӣ аз таъсири ионҳои типии  $\text{RO}_4^{n-}$ ,  $\text{R}_2\text{O}_8^{m-}$  ва ғайраҳо:

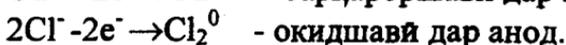


ва ғайраҳо.

Бояд қайд кард, ки бисёр равандҳои электрохимиявӣ ҳам ба реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ асоснок кунонида шудаанд.

Дар ин ҳолат дар анод раванди оксидшавӣ ва дар катод раванди барқароршавӣ ба амал меоянд.

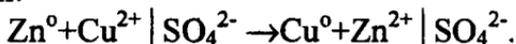
Масалан:



## 10.5. ЭЛЕМЕНТҲОИ ГАЛВАНИИ ВА ҚУВВАҲОИ ЭЛЕКТРОҲАРАКАТДИҲАНДА

Барои амалия донишҷӯи самти реаксияҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ аҳамияти калон дорад.

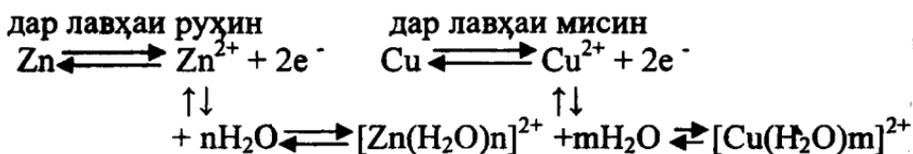
Реаксияҳои аз ҳама оддитарин- фишурдабарории металлҳо аз маҳлулуҳояшон бо ёрии металлҳои дигар- реаксияи оксидшавӣ- барқароршавӣ мебошад, ки онро аз мисоли зерин дидан мумкин:



Тирча самти реаксияи додасударо нишон медиҳад, ки мувофиқи он руҳ ионҳои мисро аз маҳлули намаки он барқарор мекунад.

Дар ингуна реаксия ба саволи оё онҳо самти баръакс доштанишон мумкин, ҷавоб додан хеле зарур ва муҳим аст. Барои ба ингуна савол ҷавоб додан зарур аст, ки рафтори металлҳои гуногун дар вақти ба об ё маҳлули намакҳои металл дохил намудани онҳо омӯхта шавад.

Маълум аст, ки дар бурҷҳои панҷараи металлӣ ионҳои мусбати металлҳо буда, дар байни онҳо электронҳои валентӣ озодона ҳаракат мекунад. Агар лавҳаҳои металии руҳ ва мисро ба об гузорем, онҳо молекулаи қутбноки (диполи) об ионҳои мусбати металлро «канда гирифта», онҳоро гидратнок мекунад. Ин раванд бо тезӣ ба ҳолати мувозинат меояд, чунки дар байни электронҳои дар лавҳаи металлӣ боқимонда ва ионҳои мусбати ба маҳлул гузашта қувваи электростатии кашиш амал мекунад:



Сифатан ин ҳолатҳои мувозинатӣ яхела буда, миқдоран аз якдигар фарқ мекунад, чунки аз лавҳачаҳои руҳин нисбат ба лавҳачаи мисин дида, бисёртар ионҳо ба маҳлул мегузаранд.

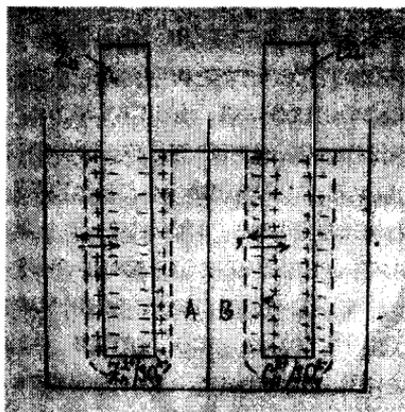
Вобаста ба табиати металлҳо, ки ионҳои худро ба маҳлул мегузаронанд, чандирии (кашиши) электролитии ҳалшавандагашон фарқ мекунад. Дар мисоли овардашуда дида мешавад, ки чандирии электролитии ҳалшавандагии руҳ нисбат ба мис зиёдтар аст, барои ин фарқиятро пурратар муайян намуда, лавҳачаҳои ин металлҳоро ба об нею ба маҳлули

намақҳои онҳо, ки концентратсияшон ба 1г-ион/л баробар аст, мегузоранд.

Аз сабаби чандирии электролитии баланди ҳалшавӣ доштани руҳ, як қисми ионҳои вай ба маҳлул гузашта, дар натиҷа лавҳачаҳои металлӣ ба заряди манфӣ соҳиб мешаванд (яъне дар лавҳача, баъди аз ба маҳлул гузаштан ионҳои руҳ, барзиёдии электронҳо ба амал меояд).

Қабати маҳлули атрофи лавҳача дар ин сурат мусбат заряднок мешавад. Дар система, дар сарҳади фазаҳои сахт (лавҳача) ва моеъ (маҳлул), қабати дучандаи электрикӣ ба амал меояд, ки дар ҳолати мувозинат соҳиби шиддатнокии ё иқтидори муайяне аст. Ин шиддатнокии ё иқтидори ҳосилшударо иқтидори электродӣ меноманд.

Дар лавҳачаи мисин, ки чандирии электролитии ҳалшавӣ хеле кам аст, реаксияи баръакс мегузарад, яъне дар сатҳи лавҳача ионҳои миси дар маҳлул буда таҳшин мешаванд. Дар ин ҳолат лавҳачаи мисин мусбат заряднок шуда, ионҳои барзиёдии  $SO_4^{2-}$ , ки дар маҳлул ҷамъ мешаванд, дар сатҳи берунии лавҳача заряди манфиро ба амал меоранд. Дар натиҷа бо тезӣ дар система



Расми 44. Занҷири галванӣ

мувозинат барқарор шуда, қабати электрикии дучанда ба амал меояд, ки иқтидори электродии муайяне дорад (расми 44).

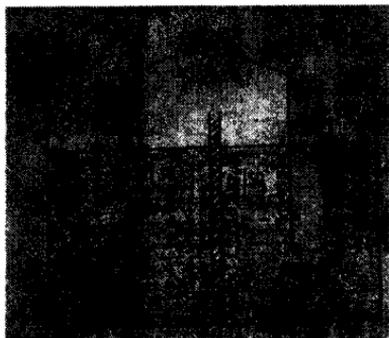
Системае, ки аз металлӣ дар маҳлули намаки худ дохил кардашуда иборат аст, ҷуфти галванӣ ё нимэлементи галванӣ номда мешавад.

Ин системаҳоро бо  $Zn|Zn^{2+}$ ,  $Cu|Cu^{2+}$  ва ғайраҳо ифода мекунанд, ки ҳатчаи вертикалӣ сатҳи тақсимшавии байни фазаҳои сахт (лавҳаи металлӣ) ва моеъро (маҳлули намаки металл) нишон медиҳад.

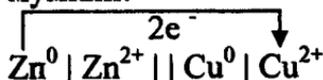
Агар ду ҷуфти галванӣ ё нимэлементи ро ба ягона системаи сарбаста пайваст кунем, онгоҳ чунин системаи ҳосилшударо элементи галванӣ меноманд. Дар системаи ҳосилшуда занҷирҳои беруна ва дохилӣ шуданашон мумкин. Занҷири беруна ин ноқилест, ки лавҳачаҳои металлро мепайвандад ва бо ин ноқил электронҳо аз электроди манфӣ ба электроди мусбат ҳаракат мекунанд.

Занҷири дохилӣ- ин маҳлулҳои электролитҳоест, ки аз якдигар бо тавораи (девори) суроҳдор ҷудо шудаанд ва ин тавора ба омехташавии маҳлулҳо имконият надода, метавонад ионҳо ва молекулаҳои ҳалкунандаро озодона гузаронад (расми 45).

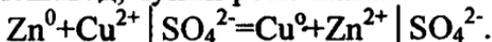
Агар дар элемент занҷири берунаро маҳдуд намоем, онгоҳ элемент ба кор шурӯъ менамояд. Электронҳо аз лавҳачаҳои руҳин ба лавҳачаи мисин мегузаранд, ки ин ба вайроншавии мувозинат дар нимэлементҳо меоварад. Дар ин ҳолат лавҳачаи руҳин ҳал шуда истода, баръакс ионҳои мис дар маҳлул буда дар сатҳи лавҳачаи мисин таҳшин мешаванд. Дар маҳлули ҷуфти руҳ дошта барзиёдии ионҳои  $Zn^{2+}$  ва дар маҳлули ҷуфти мис дошта барзиёдии ионҳои  $SO_4^{2-}$  пайдо мешаванд, ки онҳо бо ёрии занҷири дохилӣ ба самти муқобили ҳаракати электронҳо раван мешаванд. Схемаи элементи галванӣ чунин ифода ёфтаниш мумкин:



Расми 45. Элементи галванӣи Даниэл- Якоби



Дар элементи галванӣи додашуда, ки элементи Даниэл-Якоби номида мешавад, чунин реаксияи химиявӣ мегузаранд:



Яъне агар ба занҷири беруна вольтметр пайваст намоем, онгоҳ мо метавонем фарқи иқтидорҳо ё худ қувваи

электроҳаракатдиҳандаи элементро, ки ченаки импульси реаксияи оксидшавӣ- барқароршавии додашуда мебошад, чен намоем. Дар ин ҷо қувваи электроҳаракатдиҳандаи (ҚЭХ) реаксия ба фарқи иқтидорҳо баробар аст, яъне:

$$ҚЭХ = E_{\text{оксидкунанда}} - E_{\text{барқароркунанда}}, \text{ ки}$$

дар ин ҷо  $E$  – бузургии потенциали (иқтидори) электродӣ мебошад.

Азбаски дар элементи додашуда ҷуфти  $Zn | Zn^{2+}$  электрон медиҳад, бинобар барқароркунандааст, ҷуфти  $Cu | Cu^{2+}$  электрон қабул менамояд, яъне оксидкунанда аст. Қувваи электронҳаракатдиҳанда барои ин система чунин шуданиш мумкин:

$$ҚЭХ = E_{Cu | Cu^{2+}} - E_{Zn | Zn^{2+}} = 1,10 \text{ в.}$$

Вольтметр он вақт 1,10 вольт нишон медиҳад, ки агар концентратсияи маҳлул ба 1 мол/л ва ҳарорат ба 25°C баробар бошад.

Ҳамин тавр, чӣ қадар ки ҚЭХ реаксияи оксидшавӣ-барқароршавӣ зиёд бошад, ҳамон қадар вай бо энергияи калон мегузарад. Реаксияи оксидшавӣ- барқароршавӣ танҳо дар ҳамоно сурат бо самтӣ додашуда меравад, ки агар ҚЭХ мусбат бошад. Агар ҚЭХ манфӣ бобшад, онгоҳ реаксия ба тарафи чап рафтаниш мумкин.

Барои он, ки бузургии ҚЭХ муайян карда шавад зарур аст, ки потенциалҳои (иқтидорҳои) алоҳида ҷуфтҳои алоҳида доништа шаванд. Аммо бояд қайд кард, ки иқтидори электродии мутлақро чен намудан имконнопазир аст. Нернст чунин тақлиф намудааст, иқтидорҳои электродӣ нисбат ба электроди гидроген, ки иқтидораш шартан ба нул (сифр) баробар аст, чен карда шавад. Онгоҳ чунин иқтидорҳоро иқтидорҳои электродии стандартӣ ( $E^0$ ) меноманд.

Электроди гидрогенӣ ё худ нимэлементи гидрогенӣ зарфи шишагинест, ки бо маҳлули кислотаи сулфат пур карда шудааст ва концентратсияи ионҳои гидроген  $H^+$  ба 2 мол/л баробар аст. Дар ин зарф инчунин лавҳачаи платинагӣ дохил карда шудааст. Аз зарф гидрогени газшакл дар зери фишори атмосферӣ

гузаронида мешавад. Лавҳачаи платинагӣ гази гидрогенро, ки дар алоқа (расиш) бо ионҳои гидрогени маҳлули кислота мебошад, фуру мебарад. Ин электродро шартан бо  $2\text{H}^+ | \text{H}_2$  ишора намуда, иқтидори онро ба сифр баробар гуфта қабул мекунанд, яъне:  $E_{2\text{H}^+ | \text{H}_2} = 0$ .

Бо электроди гидрогенӣ дар элементи галванӣ дигар ҷуфти галваниро пайваस्त намуда, ҚЭХ ва дар асоси он иқтидори стандартӣ нисбии ҷуфти додашударо муайян кардан мумкин. Масалан, дар элементи галваниӣ аз ҷуфтҳои гидрогенӣ ва руҳӣ тартиб дода шуда (расми 46), ҚЭХ, ки бо вольтметр чен карда шудааст, ба 0,76В баробар аст:

$$0,76 = E_{2\text{H}^+ | \text{H}_2} - E_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}} = 0 - E_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}},$$

аз ин ҷо:  $E_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}} = -0,76\text{В}$

Иқтидори ҷуфти  $E_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}}$  -ро доништа истода, аз бузургии ҚЭХ элементи Даниел-Якоби иқтидори ҷуфти  $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$ :  $E_{\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}} - E_{\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}} = 1,1 - 0,76 = 0,34\text{В}$  баробар аст.

Бо ёрии электроди гидрогенӣ на танҳо иқтидорҳои ҷуфти металлиро, балки ҳамагуна ҷуфтҳои, ки аз барқароркунанда ва шакли оксидшудаи он, оксидкунанда ва шакли барқароршудаи он ташкил ёфтаанд, муайян кардан мумкин.

Агар бузургии иқтидорҳои оксидшавӣ-барқароршавӣ муқаррариро ( $E^0$ ), ки дар консентратсияи



Расми 46. Занҷири галваниӣ маҳлулҳои 1 мол/л ва ҳарорати 18-25°C  $\text{Zn} / \text{Zn}^{2+} // \text{H}_2 / 2\text{H}^+$  буда чен карда шудаанд, ба система дароварда, онҳоро ба

камшавии иқтидори манфӣ ва зиёдшавии иқтидори мусбат қатор гузорем, онгоҳ қадвали иқтидорҳоро ҳосил карда метавонем (қадвали 20), ки дар он танҳо бузургиҳои баъзе ҷуфтҳо оварда шудаанд.

Қадвали 20

**Потенциалҳои (иқтидорҳои) оксидшавӣ-барқароршавии стандартӣ, ки нисбат ба электроди гидрогенӣ дар ҳарорати 18-25°C чен карда шудаанд.**

R	$-ne^-$	$R^1$	$E^0$ (вольт)
K	1	$K^+$	-2,922
Ca	2	$Ca^{2+}$	-2,88
Na	1	$Na^+$	-2,712
Mg	2	$Mg^{2+}$	-2,64
Al	3	$Al^{3+}$	-1,657
Mn	2	$Mn^{2+}$	-1,05
$Pb^{2-}$	2	$Pb^0$	-0,92
Zn	2	$Zn^{2+}$	-0,76
Fe	2	$Fe^{2+}$	-0,44
Co	2	$Co^{2+}$	-0,277
Pb	2	$Pb^{2+}$	-0,026
Fe	3	$Fe^{3+}$	-0,036
$H_2$	2	$2H^+$	-0,000
Cu	2	$Cu^{2+}$	0,34
Ag	1	$Ag^+$	0,80
Hg	2	$Hg^{2+}$	0,854
2Br-	2	$Br_2$	0,06
Cl-	1	$1/2Cl_2$	1,36
Au	3	$Au^{3+}$	1,42

Дар қадвали додашуда: R- барқароркунанда;  $ne^-$  - адади электронҳои гум карда мешуда;  $R^1$  - шакли оксидшудаи барқароркунанда,  $E^0$  - иқтидори стандартӣ аст.

Ё худ  $R^1$  - оксидкунанда,  $ne^-$  адади электронҳои қабул карда мешуда, R- шакли барқароршудаи оксидкунанда.

Дар элементҳо- системаҳои галванӣ, ки аз барқароркунанда ва оксидкунанда иборатанд, энергияи химиявии моддаҳои бо ҳам таъсиркунанда ба энергияи

электрикӣ табдил меёбад. Элементҳои галванӣ манбаи химиявии ҷараёни электрикӣ доимӣ мебошанд. Дар элементи маҳдуд карда шуда ҷараёни электрикӣ бо занҷир то даме равон аст, ки агар барқароркунанда ё оксидкунанда пурра сарф нашаванд. Элементҳои галваниӣ дар техника ба кор бурдашаванда ҚЭҶ-ашон аз 0,85 то 8,1 В мебошад.

Элементҳои галванӣ манбаи ҷараёни электрикӣ барои фонусҳои кисағӣ, радиодастгоҳҳо, радиоҳои сигналдиҳанда ва ғайраҳо мебошанд. Бояд қайд кард, ки элементҳои галванӣ (баръакси аккумуляторҳо) барнагашта (барқарорнашуда) кор мекунад, онҳоро бо ёрии манбаи ҷараёни электрикӣ беруна ба ҳолати аввалаашон овардан имконнопазир аст.

Дар замони ҳозира ғайр аз элементи Даниэл-Якобӣ, ки дар боло қайд намудем, боз даҳҳо намудҳои гуногуни элементҳои галванӣ истифода бурда мешаванд, ки муҳимтарини онҳо дар ҷадвали 21 ҷамъ оварда шудаанд:

Ҷадвали 21

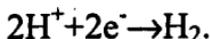
### Элементҳои галванӣ ва ҚЭҶ-и онҳо

Номгуи элементҳои галванӣ	Электроди манфӣ	Электролит	Электроди мусбат	ҚЭҶ
Элементи Даниэл-Якобӣ (мисину-руҳӣ)	Zn	ZnSO <sub>4</sub>   CuSO <sub>4</sub>	Cu	1,1
Элементи Лекланше бо деполяризатори магнийӣ	Zn	NH <sub>4</sub> Cl	C(MnO <sub>2</sub> )	1,1-1,6
Элементи Грене бо деполяризатори хромӣ	Zn	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	C(K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	1,9-2,1
Элементи оксиди симобӣ	Zn	KOH	Hg	1,4
Элементи хлорнуқрағӣ	Zn	NH <sub>4</sub> Cl	AgCl	1,0
Элементи мисӣ-оксидӣ	Zn	KOH	CuO	0,85

## 10.6. ЭЛЕКТРОЛИЗ ВА ҚОНУҲОИ ОН

Агар ба маҳлул ду электрод дохил намуда, яке аз онҳоро ба қутби мусбати манбаи берунаи ҷараён ва дигарашро ба қутби манфӣ пайваст намоем, онгоҳ чунин ҳодисаро мушоҳида намудан мумкин, ки дар зери таъсири майдони электрикии электродҳо ионҳои мусбат ба самти электродҳои манфӣ (катод) ва ионҳои манфӣ ба самти электродҳои мусбат (анод) ҳаракат мекунанд. Ионҳои мусбат ба катод вохӯрда аз онҳо электрон мегиранд ва ба ҳолати нейтрал мегузаранд, ионҳои манфӣ бошанд ба анод вохӯрда, ба он электронҳои худро медиҳанд ва ба ҳолати нейтрал мегузаранд. Ҳамин тавр, дар маҳлул ҳаракати ионҳо-ионҳои мусбат (катионҳо) ба самти катод ва ионҳои манфӣ (анионҳо) ба самти анод амалӣ мешавад. Яъне маҳлулҳои электролитҳо ҷараёни электрикиро мегузаронанд, бинобар ин онҳоро ноқилҳои дараҷаи дуйӯм меноманд (ба ноқилҳои дараҷаи якум металлҳо дохил мешаванд, ки онҳо ҷараёни электрикиро параха нашуда мегузаронанд). Ҳодисоти ҷараёни электрикӣ гузаронидани электролитҳо, ки дар натиҷаи он дар сатҳи электродҳо реаксияҳои оксидшавию-барқароршавӣ ба амал меоянд, электролиз номида мешавад. Дар расми 47 схемаи электролизи маҳлули обии HCl ифода ёфтааст (чунин ҳисоб карда шудааст, ки ҳамаи молекулаҳои HCl ба ионҳои H<sup>+</sup> ва Cl<sup>-</sup> диссоциатсия шудаанд).

Дар катод чунин реаксия ба амал меояд:



Яъне дар катод раванди барқароршавӣ амал дорад. Дар анод чунин реаксия ба амал меояд:



Яъне раванди дар анод ба амал меомада-ин раванди оксидшавӣ аст.

Ҳамин тавр, электролиз раванди вайроншавии химиявии электролитҳо бо таъсири ҷараёни электрикӣ буда вай аз реаксияҳои барқароршавӣ дар сатҳи катод ва оксидшавӣ дар сатҳи анод ташкил меёбад.

Барои барқароршавии ду иони мусбати гидроген батарея  $2 \times 1,602 \cdot 10^{-19}$  кулон ҷараёни электрикии манфӣ сарф кардааст, вале дар ин ҳолат батарея аз безарядшавии ду иони хлор  $2 \times 1,602 \cdot 10^{-19}$  кулон ҷараёни электрикии манфӣ қабул кардааст.

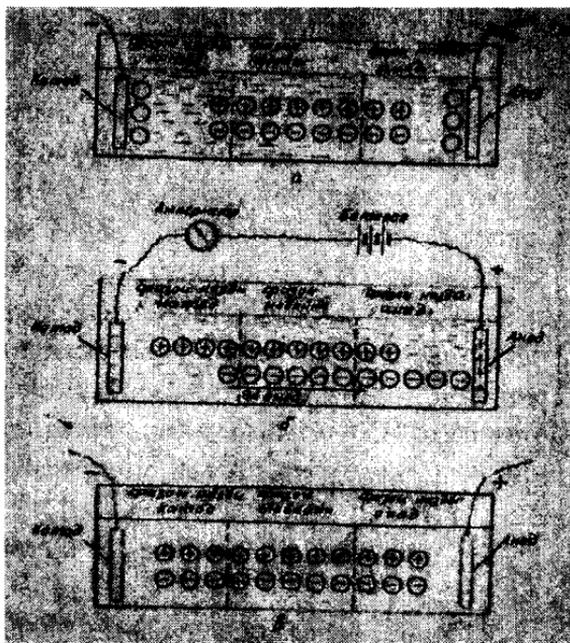
Аз ин схемаи овардашуда маълум аст, ки батарея барои электролиз, яъне тақсимшавии химиявии электролит ба қисмҳои таркибии он, қувва (кор) сарф мекунад.

Миқдори қувваи электрикии барои электролиз сарф шударо чунин ҳисоб намудан мумкин.

Электролизро то даме давом медиҳем, ки дар он муддат

дар катод 1 мол атомҳои гидроген ва дар анод 1 мол атомҳои хлор ҷудо шаванд. Ҳар як иони  $H^+$ , мувофиқи муодилаи  $H^+ + e^- \rightarrow H^0$ , аз катод заряди электрикии ба  $1,602 \cdot 10^{-19}$  кулон баробар бударо мегирад. Азбаски ҳар як мол ион  $6,023 \cdot 10^{23}$  ион дорад, онгоҳ бешубҳа барои дар катод ҷудо шудани 1 мол атомҳои гидроген, катод бояд  $1,602 \cdot 10^{-19} \times 6,023 \cdot 10^{23} = 96500$  кулон заряд диҳад. Дар ин ҳолат дар занҷири беруна бо самти катод инчунин 96500 кулон заряд равон мешавад.

Дар ҳуди ҳамин вақт, мувофиқи муодилаи  $Cl^- - e^- = Cl^0$ ,  $1,602 \cdot 10^{-19} \times 6,023 \cdot 10^{23} = 96500$  кулон 'заряди электрикӣ ба анод дода мешавад, яъне умуман бояд бо занҷири беруна 96500 кулон



Расми 47. Электролизи маҳлули HCl:  
 а- мавқеи электронҳо дар ибтидои электролиз;  
 б- ҳаракати ионҳо ҳангоми электролиз;  
 в- мавқеи ионҳо ва атомҳо дар хотимаи электролиз.

ҷараёни электрикӣ ҳаракат кунад, ки ин дар асоси таҷриба исбот карда шудааст.

Миқдори заряди электрикии ба 96500 кулон баробар буда, ба шарафи физики машҳури англис Фарадей, ки қонунҳои асосии электролизро кашф намудааст, Фарадей (F) номида мешавад.

Агар аз маҳлули 96500 кулон ҷараёни электрикӣ гузаронем, онгоҳ дар катод ба ҳолати нейтрал 1 мол эквивалент ионҳои мусбат заряднок ва дар анод 1 мол эквивалент ионҳои манфӣ заряднок мегузаранд.

Бешубҳа дар вақти бо занҷир ҳаракат намудани 96500ч.2кулон дар кадод, ду мол ионҳои дузаряда барқарор мешаванд ва дар натиҷаи ҳама тарафа омӯхтани ҳодисоти электролиз олими англис Фарадей оид ба ин раванд чунин қонунҳои муҳимро кашф намуд (1833).

**ҚОНУНИ ЯҚҶМИ ФАРАДЕЙ:** Миқдори моддаҳо, ки дар электродҳо ҷудо мешаванд, ба миқдори ҷараёни электрикии бо занҷир гузашта мутаносиби рост мебошад.

**ҚОНУНИ ДҶҶҶМИ ФАРАДЕЙ:** Агар, аз маҳлули электролит 96500 кулон ҷараёни электрикӣ гузарад онгоҳ дар электродҳо як эквиваленти моддаҳо ҷудо мешавад.

Агар электролит ба ионҳо пурра тақсим нашуда бошад ва дар маҳлул, фарз кардем мувозинати  $\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$  вуҷуд дошта бошад, хусусияти умумии электролиз тағйир намеёбад. Раванди дар катод ва анод безаряд шудани катионҳо ва анионҳо, дар маҳлул диссоциатсияи молекулаҳои нейтрал давом мекунад. Ин раванд то мудате давом мекунад, ки тамоми молекулаҳои нейтрал ба ионҳо тақсим нашаванд.

Электролитҳои гудохта ҳам ба монанди маҳлулҳои обишон электролиз мешаванд. Ин ҳодиса ба он шаҳодат медиҳад, ки намакҳои гудохта ҳам то ин ва ё он дараҷа ба ионҳо диссоциатсия шудаанд.

1. Дей К., Селбин Д. Теоретическая неорганическая химия. Изд-во «Химия», М., 1969.
2. Басоло Ф., Пирсон Р. Механизми неорганических реакций. Изд-во «Мир», М., 1971.
3. Полинг Л. Общая химия. Изд-во «Мир», М., 1974.
4. Николаев Л.А. Общая и неорганическая химия. Изд-во «Просвещение», М., 1974.
5. Ахметов Н.С. Неорганическая химия. Изд-во «Высшая школа», М., 1975.
6. Глинка Н.А. Общая химия. Изд-во «Химия», 1985.
7. Рамсей Э.Н. Начала современной химии. Изд-во «Химия», Л., 1989.
8. Лидин Р.А. Аликбекова Л.Ю., Логинова Г.П. Неорганическая химия в вопросах. Изд-во «Химия», М., 1991.
9. Солиев Л., Алиев Ҷ., Ҳотамов А. Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. Қисми 1. Химияи умумӣ (китоби 1). Нашри ДДОТ ба номи Қ.Ҷураев, Душанбе, 1992.
10. Солиев А., Алиев Ҷ., Ҳотамов А. Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. Қисми 1. Химияи умумӣ (китоби 2). Нашри ДДОТ ба номи Қ.Ҷураев, Душанбе, 1993.
11. Солиев Л., Алиев Ҷ., Ҳотамов А. Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. Қисми 1. Химияи умумӣ (китоби 3). Нашри ДДОТ ба номи Қ.Ҷураев, Душанбе, 1996.
12. Солиев Л. Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. Қисми 11. Химияи ғайриорганикӣ (китоби 1). Нашри ДДОТ ба номи Қ.Ҷураев, Душанбе, 1998.
13. Солиев Л. Химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. Қисми 11. Химияи ғайриорганикӣ (китоби 2). Нашри ДДОТ ба номи Қ.Ҷураев, Душанбе, 2003.

## МУНДАРИҶА

Боби I.	Мафҳумҳо ва қонунҳои асосии химия.....	4
1.1.	Мафҳум дар бораи материя ва модда.....	4
1.2.	Хосиятҳои химиявӣ ва физикавии модда.....	5
1.3.	Моддаҳои тоза ва омехта.....	6
1.4.	Омехта ва пайвастагиҳои химиявӣ.....	7
1.5.	Моддҳои содда ва мураккаб.....	9
1.6.	Металлҳо ва ғайриметаллҳо.....	10
1.7.	Элементҳои химиявӣ.....	12
1.8.	Таълимоти атомию молекулавӣ.....	14
1.9.	Массаҳои атомӣ ва молекулавӣ. Мол.....	19
1.10.	Эквивалент. Қонуни эквивалентҳо.....	25
1.11.	Валентнокӣ ва алоқамандии он бо эквивалент.....	29
1.12.	Таҳлил ва синтез.....	31
1.13.	Ҳодисотҳои физикавӣ ва химиявӣ.....	33
1.14.	Аломатҳои химиявӣ.....	34
1.15.	Формулаҳои химиявӣ.....	36
1.16.	Муайян намудани формулаҳои соддатарин...	38
1.17.	Формулаҳои сохтори пайвастагиҳои ғайриорганикӣ.....	39
1.18.	Муодилаҳои химиявӣ.....	42
1.19.	Қонуни доимияти таркиб.....	46
1.20.	Қонуни нигоҳдории массаи моддаҳо.....	47
1.21.	Қонуни нисбатҳои каратӣ (яқлухт).....	48
1.22.	Ҳаҷми молии газ. Қонуни Авогадро.....	50
1.23.	Навъҳои реаксияҳои химиявӣ.....	53
1.24.	Шароитҳои ба амал омадан ва равиши реаксияҳои химиявӣ.....	55
Боби II.	Сохти атом.....	59
2.1.	Таҷрибаҳои, ки мураккабии сохти атомро нишон медиҳанд.....	59
2.2.	Моделҳои сохти атом.....	61

2.3.	Электронҳо ва мавқеи онҳо дар атом.....	64
2.4.	Табиати ҳиссачағй ва мавҷии электрон.....	68
2.5.	Муодилаи Шредингер ва моҳияти физикии он	71
2.6.	Ададҳои квантии атом.....	74
2.7.	Сохти атомҳои бисёрэлектрона.....	76
2.8.	Баъзе хосиятҳои атомҳо.....	82
2.9.	Тавсифи ядрои атом.....	86
2.10.	Ҳодисоти изотопия.....	86
2.11.	Ҳодисоти радиоактивии табиӣ .....	90
2.12.	Хосиятҳои $\alpha$ , $\beta$ ва $\gamma$ – нурҳо.....	92
2.13.	Реаксияҳои ядровӣ.....	92
<b>Боби III.</b>	<b>Қонуни даврӣ ва ҷадвали даврии элементҳои химиявии Д.М. Менделеев.....</b>	<b>100</b>
3.1.	Маълумотҳои умумӣ.....	100
3.2.	Қонун ва ҷадвали даврии элементҳои химиявии Д.М. Менделеев.....	101
3.3.	Сохтори ҷадвали даврӣ.....	102
3.4.	Сохти электронии элементҳои химиявӣ ва таснифи онҳо.....	105
3.5.	Ҷадвали даврӣ ва баъзе хосиятҳои атомҳо.....	110
3.6.	Аҳамияти кашфи қонун ва ҷадвали даврӣ.....	118
<b>Боби IV.</b>	<b>Банди химиявӣ.....</b>	<b>121</b>
4.1.	Пайдоиш ва инкишофи таълимоти оид ба банди химиявӣ ва валентнокӣ.....	121
4.2.	Тавсифҳои асосии банди химиявӣ.....	124
4.3.	Муайян кардани сохтори молекулаҳо.....	128
4.4.	Сабаби ба амал омадани банди химиявӣ ва намудҳои он.....	131
4.5.	Банди химиявии ионӣ ё электровалентӣ.....	133
4.6.	Банди химиявии ковалентӣ ё атомӣ.....	135
4.7.	Назарияи квантии банди ковалентӣ.....	141
4.8.	Гибридизатсияи электронҳо.....	143
4.9.	Моменти диполӣ. Қутбнокӣ молекула.....	146
4.10.	Банди химиявии координатсионӣ ё донору – акцепторӣ.....	147

4.11.	Банди химиявии гидрогенӣ.....	150
4.12.	Ҳолатҳои агрегатии моддаҳо.....	155
4.13.	Боҳамтаъсиркуниҳои байни молекулавӣ.....	157
4.14.	Ҳолати кристаллии модда.....	159
4.15.	Тадқиқ намудани сохтори кристаллҳо.....	163
4.16.	Навъҳои панҷараҳои кристаллӣ.....	165
4.17.	Ҳолати моеъгии модда.....	166
4.18.	Ҳолати аморфии модда.....	167
4.19.	Ҳолати гази модда.....	169
4.20.	Ҳолати плазмагии модда.....	170
Боби V.	Реаксияҳои химиявӣ ва омилҳои ба онҳо таъсиркунанда.....	171
5.1.	Тасаввуротҳои асосӣ дар бораи термохимия..	171
5.2.	Қонунҳои асосии термохимия.....	174
5.3.	Суръати реаксияҳои химиявӣ.....	177
5.4.	Катализ ва катализаторҳо.....	180
5.5.	Мувозинати химиявӣ.....	186
Боби VI.	Синфҳои асосии пайвастиҳои ғайриорганикӣ.....	190
6.1.	Оксидҳо.....	191
6.2.	Асосҳо.....	197
6.3.	Кислотаҳо.....	199
6.4.	Асосҳои амфотерӣ.....	202
6.5.	Намакҳо.....	203
Боби VII.	Пайвастиҳои комплекси.....	212
7.1.	Тавсифи умумӣ.....	112
7.2.	Назарияи координатсионии пайвастиҳои комплекси.....	214
7.3.	Номенклатураи пайвастиҳои комплекси....	219
7.4.	Изомерияи пайвастиҳои комплекси.....	222
7.5.	Таснифи пайвастиҳои комплекси.....	229
7.6.	Методҳои физико – химиявии тадқиқ намудани пайвастиҳои комплекси.....	237
7.7.	Хосиятҳои пайвастиҳои комплекси дар маҳлулҳо.....	241

7.8.	Аҳамияти пайвастагиҳои комплексӣ.....	246
Боби VIII.	Об. Маҳлулҳо.....	250
8.1.	Тавсифи умумӣ.....	250
8.2.	Ҳосиятҳои физикавии об.....	253
8.3.	Ҳосиятҳои химиявии об.....	255
8.4.	Таҳлил ва синтези об.....	256
8.5.	Системаҳои дисперсӣ.....	261
8.6.	Механизми ҳалшавии моддаҳо.....	266
8.7.	Ҳалшавии моддаҳои банди химиявии гуногун дошта.....	271
8.8.	Вобастагии ҳалшавандагии газҳо бо ҳарорат ва фишор.....	276
8.9.	Эффектҳои гармии ҳалшавӣ.....	278
8.10.	Гидрататсия.....	279
8.11.	Кристаллогидратҳо.....	283
8.12.	Концентратсияи маҳлулҳо ва усулҳои ифода намудани он.....	285
8.13.	Осмоз ва фишори осмосӣ.....	293
8.14.	Фишори буғи маҳлулҳо.....	296
8.15.	Яхкунӣ ва ҷушиши маҳлулҳо.....	297
Боби IX.	Назарияи диссоциатсияи электролитӣ.	
	Гидролиз.....	301
9.1.	Маълумотҳои умумӣ.....	301
9.2.	Дараҷаи диссоциатсия.....	305
9.3.	Константаи диссоциатсия ва қонуни серобкунии Оствалд.....	307
9.4.	Қувваи электролитҳо.....	311
9.5.	Диссоциатсияи кислотаҳо, асосҳо ва намакҳо.....	315
9.6.	Ақидаҳои ҳозиразамон оид ба кислотаҳо ва асосҳо.....	318
9.7.	Ҳосиятҳои ионҳо.....	324
9.8.	Реаксияҳои ивази ионӣ. Ионитҳо.....	328
9.9.	Диссоциатсия ва ҳосили зарби ионии об.....	335
9.10.	Нишондиҳандаи гидрогенӣ ва индикаторҳо...	339

9.11.	Табиати ионҳои гидратноки гидроген.....	343
9.12.	Гидролизи намакҳо.....	346
9.13.	Дараҷа ва константаи гидролиз.....	350
9.14.	Солволиз.....	354
Боби X.	Реаксияҳои оксидшавӣ – барқароршавӣ.....	358
10.1.	Тавсифи умумии реаксияҳои оксидшавӣ- барқароршавӣ.....	358
10.2.	Таснифи оксидкунандаҳо ва барқароркунандаҳо.....	361
10.3.	Тартиб додани муодилаҳои реаксияҳои оксидшавӣ – барқароршавӣ.....	364
10.4.	Тадбиқи реаксияҳои оксидшавӣ – барқароршавӣ.....	374
10.5.	Элементҳои галванӣ ва қувваҳои электроҳаракатдиҳанда (ҚЭҲ).....	377
10.6.	Электролиз ва қонунҳои он.....	385
	Адабиётҳо.....	388

**Л. СОЛИЕВ**

# **ХИМИЯИ УМУМӢ**

(асосҳои назариявии химияи ғайриорганикӣ)

Дастури таълимӣ

*Ба матбаа 30 06 08 таҳвил гардид. Чопаш 12 11 08 ба имзо расид. Андозаи 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Когази офсетӣ. Ҳуруфи адабӣ. Чопи офсетӣ. Ҷузъи нашрию ҳисобӣ 24,7. Адади нашр 500 нусха. Супориши №90*

Китоб дар чопхонаи нашриёти «Аржанг» ба табъ расидааст. 734025, ш. Душанбе кӯчаи Ҳусейнзода 155.

