

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA  
MAXSUS TA‘LIMI VAZIRLIGI**

**O. M. Yoriyev, D. A. Karimova**

**FIZIKAVIY KIMYO**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim  
vazirligi oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘quv  
qo‘llanma sifatida tavsiya etgan*

**«TAFAKKUR BO‘STONI»  
TOSHKENT–2013**

UO'K:544(075)  
KBK 24.5 ya 73  
Y-63

**Fizikaviy kimyo:** o'quv qo'llanma /O.M.Yoriyev D.A.Karimova;  
O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi,–  
Toshkent; Tafakkur bo'stoni 2013–240 b.

KBK 24.5 ya 73

Y-63

**Taqrizchilar:**

**B. F. Muhiddinov** –NDKI Ilmiy ishlar bo'yicha prorektor,  
k. f. d., prof.

**N. A. Xolmurodov** –NDPI «Kimyo va ekologiya» kafedrası  
dotsenti, k. f. n.

**F. E. Umirov**–NDKI «Kimyo va kimyoviy texnologiya»  
kafedrası mudiri, t. f. n., dots.

ISBN-978-9943-4237-70

Mazkur o'quv qo'llanmada termodinamika asoslari, Termodinamika I, II,III ,  
qonunlari,Gibbs va gelmgols energiyasi eritmalar, kimyoviy kinetika va kataliz  
haqidagi ma'lumotlar to'liq yoritib berilgan, shunindek.pedagogik texnologiya  
elementlardan foydalanib, dars o'tish usullari, fanga oid tayanch iboralar, glos-  
sariylar ham bayon etilgan.

Ushbu «Fizikaviy kimyo» fanidan o'quv qo'llanmasi pedagogika oliy o'quv  
yurtlarining bakalavriat 5140300 «Kimyo» ta'lim yo'nalishi uchun mo'ljallan-  
gan.

UO'K:544(075)  
KBK 24.5 ya 73

ISBN-978-9943-4237-70

© «TAFAKKUR BO'STONI»  
nashriyoti,2013-y

## SO‘ZBOSHI

Kitobxonlar e’tiboriga havola etilayotgan ushbu o‘quv qo‘llanma «Ta’lim to‘g‘risida» gi Qonun, «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi»da ko‘zda tutilgan vazifalar asosida, ta’lim sohasida amalga oshirilayotgan islohotlarni e’tiborga olib hamda «Fizikaviy kimyo» fanidan tasdiqlangan namunaviy o‘quv dasturi, «Davlat ta’lim standartlari» va O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2006-yil 30-noyabrdagi «Oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi muassasalarini zamonaviy o‘quv adabiyotlar bilan ta’minlash to‘g‘risida»gi 5/3 Qarori talablari asosida yozildi.

O‘quv qo‘llanmada o‘quv materiallarining ketma-ketligi, hajmi, bayon etilishi, nazariy jihatdan chuqurligi va amaliy tomondan talabalar tanlagan ixtisosligi doirasida egallashlari lozim bo‘lgan bilim va ko‘nikmalar hisobga olingan.

O‘quv qo‘llanmada fizikaviy kimyo va unda o‘rganiladigan mavzular ketma-ket berilgan. Talabalarning o‘zlashtirishlari oson va qulay bo‘lishi hamda o‘quv qo‘llanmaning samaradorligini oshirish maqsadida jadvallar, ko‘plab tasviriy vositalar (chizmalar, rasmlar), ilovalar va o‘z-o‘zini nazorat qilish uchun testlarga keng o‘rin berilgan. Mavzularni yoritishda ilg‘or pedagogik va axborot texnologiya elementlaridan foydalanilgan.

O‘quv qo‘llanma yetti bobdan iborat bo‘lib, turdosh darslik va o‘quv qo‘llanmalardan farqli ravishda, fanlararo va Oliy ta’limning umumiy o‘rta, o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limlari orasidagi bog‘lanishga ham yetarlicha e’tibor qaratilgan.

Ushbu o‘quv qo‘llanma aynan pedagogika oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, fandan lotin yozuviga asoslangan o‘zbek alifbosida o‘quv adabiyoti yo‘qligini nazarda tutib, mualliflar o‘zlarining uzoq yillar davomida Oliy o‘quv yurtlarida «Fizik-kimyo» fanini o‘qitishda to‘plagan tajribalari asosida yozilgan.

O'quv qo'llanma asosan, Oliy ta'limning bakalavriat 5140300 «Kimyo» ta'lim yo'nalishi uchun mo'ljallangan bo'lib undan texnika va tabiiy fanlar ta'lim yo'nalishi talabalari ham foydalanishlari mumkin.

Mazkur o'quv qo'llanma lotin alifbosida ilk marta chop etilganligi bois, ayrim xato va kamchiliklardan xoli bolmasligi mumkin. Shu sababli o'quv qo'llanmaning mazmunini boyitishga qaratilgan har qanday fikr va mulohazalar mamnuniyat bilan qabul qilinadi

***Mualliflar***

## KIRISH

### FIZIKAVIY KIMYO FANINING PREDMETI. MAQSADI VA VAZIFALARI

Tabiiy ilmiy fanlar o'zining rivojlanish jarayonida inson faoliyatiga borgan sari ko'proq ta'sir ko'rsatmoqda. Mexanika, optika, elektromagnetizm qonunlarini tushunmay turib, rivojlanish taraqqiyotini ko'z oldimizga keltirishimiz qiyin. Matematik bazasiz texnika sohasida tajriba almashish mumkin emas. Shuningdek, biz yashab turgan davrda kimyo fanining va kimyoviy bilimlarning alohida ahamiyatga ega ekanligi hech kimga sir emas. Inson faoliyatining deyarli barcha sferalarini kimyolashtirish ilmiy-texnika taraqqiyoti rivojlanishining obyektiv qonunidir.

Fan-texnikaning hozirgi taraqqiyotida malakali kimyogar mutaxassislar kimyoning boshqa sohalari bilan bir qatorda fizikaviy kimyoni ham chuqur bilishlari talab etiladi. 1750-yilda Fizikaviy kimyo fani atom, molekula, moddalardagi hodisalar, kimyoviy o'zgarishlar va tuzilishlarni fizika usullarida o'rganib, fizika qonun-qoidalari asosida yechib beradigan fan sifatida vujudga keldi.

Ma'lumki, moddiy olamning harakat qonunlarini, jumladan, kimyoviy jarayonlarni, asosan, ikki usul bilan kuzatish-tajriba va fikrlash yo'li bilan o'rganish mumkin.

Kuzatish-tajriba usuli asosiy usul bo'lsa ham, uning vositasida turli kimyoviy jarayonlarni, ulardagi umumiylik, farqni va umumlashgan qonuniyatlarni bilib bo'lmaydi.

XVIII asrning o'rtalarida buyuk rus olimi M. V. Lomonosov tabiat sirlarini, shu jumladan, kimyoviy jarayonlarni o'rganishda kuzatish tajriba usuli bilan bir qatorda fikrlash usulini ham tavsiya etdi va yuqorida bayon etilgan vazifalarni hal etuvchi «Nazariy

kimyo» fanining yaratilishi kerakligini, ya'ni kimyoviy jarayonlarni o'rganishda fizika qonunlari va usullariga asoslanish lozimligini maslahat berdi va bu yangi fanni «Fizikaviy kimyo» nomi bilan atadi.

Fizikaviy kimyoning nomi va uning vazifasi birinchi marta M. V. Lomonosov tomonidan 1755-yilda uning «Haqiqiy fizikaviy kimyo» kitobida berildi. Fizikaviy kimyo murakkab moddalarda sodir bo'ladigan kimyoviy jarayonlarning sababini fizika qonunlari va tajribalari asosida tushuntiruvchi fandir. Shunday qilib, fizikaviy kimyo kimyoviy jarayonlarning umumlashgan qonunlari va ular orasidagi bog'lanishlarni aniqlaydigan fandir. Fizikaviy kimyo fani bu vazifalarni yechishda, asosan, termodinamika, molekular kinetik nazariya va kvant mexanika usulidan foydalanadi.

**Termodinamika usuli** termodinamikaning uch qonuniga asoslangan bo'lib, unda uzoq vaqt davomida to'plangan tajriba va kuza-tish natijalari umumlashtirilgandir. Bu usulda termodinamikaning uch postulatidan foydalanib, aniq natijalar olinadi. Termodinamika usulida sistemadagi moddalar molekularlarining tuzilishini bilish shart emas. Ya'ni, bu usul vositasida jaryonning mohiyati oydin-lashmaydi. Bu usulning yana bir xususiyati shundaki, unda siste-maning umumiy xossalari bilan ish ko'riladi.

**Molekular kinetik yoki statistik usulda** sistemani tashkil etuv-chilarning xossalari tekshirilib jamlanadi. Bu usuldan foydalanish uchun, asosan, sistemaning tuzilishini bilish kerak. Biroq, bu usulda ko'pincha taxmin qilishga va soddalashtirishga yo'l qo'yiladi. Ush-bu natijalarning bir oz noaniq chiqishiga sabab bo'ladi. Bu usulda jarayonning mohiyati oydinlashadi. Termodinamika va molekular kinetik usullar bir-birini to'ldiruvchi usullardir.

**Kvant mexanika usuli**, asosan, moddalarning tuzilishini o'rganishda qo'llaniladi. Fizikaviy kimyo sof nazariy fan bo'lib, unda faqat sof nazariy usullardan foydalaniladi, deyish noto'g'ridir. Chunki, fizikaviy kimyo fani kimyo fanining boshqa bo'limlari kabi tajribalarga tayanadi.

Fizikaviy kimyo mustaqil fan sifatida birinchi marta 1865-yil-

da Xarkov universtitetida N. N. Beketov tomonidan o'qitila boshlangan. Lekin uning ayrim qonunlari ancha ilgariroq kashf etilgan. Fizikaviy kimyo aniq fan bo'lib, nazariy qarashlarning eksperimentall usullari fizikaning mantiq va matematik qonun va qonuniyatlaridan keng foydalanadi. Bu esa jarayonlarning qanday borishini va sodir bo'ladigan o'zgarishlarni oldindan aytib berish imkoniyatini beradi.

XX asrda fizikaviy kimyo fani juda katta sur'at bilan rivojlandi. Bunga sabab uning kimyo fani sanoatining asosiy talablariga to'la javob beradigan yo'nalishidir.

Ma'lumki, kimyo fanining anorganik kimyo bo'limi noorganik moddalarning organik kimyo bo'limi organik moddalarning olinish yo'llari va xossalarni analitik kimyo eritmalarning sifat miqdoriy tarkibini tekshiradi. Fizikaviy kimyo fani esa kimyoviy jarayonlarni har tomonlama va kimyoviy jarayon bilan yondosh boradigan fizikaviy jarayonlar bilan kompleks ravishda tekshiradi va o'rganadi.

Kimyoviy jarayonlarda qanday moddalar ishtirok etishidan qat'i nazar, fizikaviy kimyo qonunlari o'z kuchini saqlaydi. Kimyoviy jarayonlarning borish yoki bormasligi to'liq yoki noto'liq borishi uning bilan yondosh boradigan fizik hodisalar bilan bog'liqligini, borish tezligini, mexanizmini va hokazolarni o'rganadi. Ba'zan kimyoviy jarayon sistema aregat holatining o'zgarishi va fazalar bo'yicha taqsimlanishi bilan sodir bo'ladi. Fizikaviy kimyo reaksiyaning tezligiga turli omillarning ta'siri, reaksiyaning yo'nalishini tezlatish, xalal beruvchi yo'nalishini sekinlatish yo'llarini ko'rsatib beradi.

Bu sohadagi tekshirishlar reaksiyaning borish mexanizmini oydinlashtirib beradi. Bu sohadagi tekshirishlar reaksiyaning borish mexanizmini oydinlashtiradi. Moddalarning tuzilishini o'rganib moddalarning reaksiyaga kirishish qobiliyati va bu qobiliyatlar yondosh holda ta'sir etuvchi kuchlarga ham bog'liq ekanligini tushuntiradi. Demak, fizikaviy kimyo reaksiyalarning nazariy va amaliy mohiyatini ochib beradi.

Fizikaviy kimyo sohasida qator o'zbek olimlari ham ish olib bordilar, jumladan, **Husniddin Rustamovich Rustamov** (1910–2009) Respublikamizda fizik-kimyo fanini rivojlantirishda munosib hissa qo'shgan olimlardan biri. O'ZR FA akademigi. Olimning dastlabki ilmiy ishlari sirt hodisalarni o'rganishga bag'ishlangan edi. Ikkinchi jahon urushi tugagandan keyin olim kislota ishqorli jarayonlar kinetikasini o'rganishga kirishdi. H. R. Rustamov o'ttizdan ortiq murakkab kimyoviy reaksiyalarning kinetikasi va mexanizmini o'rganib, chuqur ilmiy fikrlar va xulosalar muallifi bo'ldi. Olim ionli kataliz sohasida ham muhim ishlar qildi.

Ionitlar ishtirokida efirlar gidrolizi, glukoza mutoratsiyasi, nitrometanning furfurool bilan kondensatsiyasi, ko'p atomli spirtlar eterifikatsiyasi, fenolning atseton bilan kondensatsiyasi, Prins reaksiyasi va boshqalarning kinetikasini o'rgandi. Ionitlarni kimyoviy reaksiyalar tezligini oshiruvchi mahsulotlar hosil bo'lish unumdorligini oshiruvchi sifatida ishlatish mumkinligini isbotladi. H. R. Rustamov metallar ishtirokida (katalizatorlar sifatida) ba'zi reaksiyalarning kinetikasi va mexanizmini o'rganishga, benzoy aldegid va furfuroolning disproporsiyalanish reaksiyasi kinetiksini o'rganib, fan uchun muhim ma'lumotlarni olishga muvaffaq bo'ldi.

Olim o'zining pedagogik va ilmiy ishlari bilan bir qatorda jamoat vazifalarini bajarishda ham faol ishtirok etdi. Husniddin Rustamovich Rustamov respublikada kimyo bilimlarini keng tarqatish va targ'ib qilishda ham namunali ishlarni amalga oshirdi. O'zbek tilida kimyo terminologiyasi ma'lumotnomasini yaratishda qatnashdi, maktab hamda oliy o'quv yurtlari talabalari uchun 7 ta darslik va bir nechta o'quv qo'llanmalarini yozdi. «O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi» degan faxriy unvon sohibi. O'zbekistonda fan va ta'limni tarqqiy ettirishdagi fidoyiligi hamda samarali faoliyatini hukumatimiz yuksak baholab, bir qancha orden va medallar, faxriy yorliqlar bilan taqdirladi.

**Hamdam Usmonovich Usmonov** (1916–1994) o'zbek kimyogari, O'zbekiston Respublikasi FA akademigi. 1937-yilda O'rta Osiyo Davlat universiteti (hozirgi O'zMU)ni muvaffaqiyatli tugat-



lab, fizik-kimyó kafedrasida aspiranturaga qabul qilindi. 1941-yilda kimyó fanlari nomzodi ilmiy ishini himoya qilgan. 1950-yili H. U. Usmonov O‘zbekistonda birinchi bo‘lgan tabiiy polimerlar kimyosi laboratoriyasini tashkil qildi. 1954-yilda doktorlik ishini himoya qildi. 1959-yili O‘zR FA da polimerlar kimyosi institutini tashkil qildi va uni boshqardi. Asosiy ilmiy yo‘nalishi fiziologik kimyó va polimerlar texnologiyasiga oiddir. Olim rahbarligida paxta sellulozasini modifikatsiyalashning yangi usullari ishlab chiqildi. H. U. Usmonov polimerlar kimyosi va fizik-kimyó ustida ham diqqatga sazovor ishlar qildi. Selluloza tolalarining fizik-kimyoviy, mexanik va eksplutatsion xossalardagi farqlar sababini olim gipotezasi yordamida tushuntirildi. H. U. Usmonov g‘o‘zapoya va paxta chiqindilaridan sanoat miqyosida foydalanish sohasida ham ancha ishlar qildi. Uning rahbarligida chigitdan momiqni kimyoviy yo‘l bilan ajratib olish va undan foydalanish bo‘yicha hamda g‘o‘zapoya gidrolizi ustida fundamental ishlar olib borildi. Olimning tabiiy polimerlar sohasinigina emas, balki sintetik polimerlar ustidagi ilmiy kuzatuvlari ham ko‘pchilikka ma‘lum. H. U. Usmonov o‘zining ilmiy faoliyatini pedagogik ishi bilan qo‘shib olib bordi. Uning rahbarligida 11 nafar doktorlik, 50 nafardan ortiq xodim nomzodlik ishini himoya qildi. Olim monografiya yozdi, 250 dan ortiq ilmiy maqolalar e‘lon qilgan. Uning ilmiy ishlari Ruminiya, Chexoslovakiya, AQSH, Fransiya va boshqa mamlakatlarda ma‘lumdir. H. U. Usmonov o‘lkamizda kimyó fani va sanoatini rivojlantirish, ilmiy pedagogik kadrlar tayyorlash borasida katta xizmatlari hamda jamoat ishlaridagi faol ishtiroki uchun orden, medal va faxriy yo‘liqlar bilan taqdirlangan. Unga «O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan Fan va texnika arbobi» faxriy unvoni hamda Beruniy nomidagi Respublika davlat mukofoti berilgan. H. U. Usmonov O‘zbekistonda polimerlar kimyosi taraqqiyotini boshlab bergan, makromolekular birikmalar kimyosi sohasiga katta hissa qo‘shgan olimlardandir. U olib borgan tadqiqotlar O‘zbekistonda polimerlar kimyosining jadal sur‘atlar bilan rivojlanishiga olib keldi.

**Karim Sodiqovich Axmedov (1914–2004)** kimyogar olim,

O'zbekiston FA akademigi, O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan va texnika arbobi, kimyo fanlari doktori, professor. 1937-yilda O'rta Osiyo Davlat universiteti (hozirgi O'zMU) ni muvaffaqiyatli tugatgan. 1937–1941-yillarda Rossiyadagi L. Ya. Karpov nomidagi fizik-kimyo institutida ishlagan.

K. S. Axmedov 1953-yildan Toshkent Davlat universitetida tashkil etilgan kolloid kimyo kafedrasida mudir bo'lgan. K. S. Axmedovning ilmiy ishlari tabiiy yuqori dispersli sistemalar va ularning kolloid-kimyoviy xossalari o'rganishga bag'ishlangan. Tabiiy yuqori dispersli sistemalarning elektrokinetik xossalari o'rganish asosida O'zbekistondagi tuproq va grafitlarni boyitishning elektroforetik usulini taklif etdi. K. S. Axmedov paxta shulxasi va gidrolizatorlarning fizik-kimyoviy xossalari o'rgandi, lignin va g'ozapoyani kislota bilan ishlash natijasida faol bo'lgan yirik teshikli adsorbent olindi, uning fizik-kimyoviy xossalari va adsorbsion qobiliyati atroflicha tekshirildi. Olim o'z xodimlari bilan birgalikda xalq xo'jaligi uchun ahamiyatga ega bo'lgan suvda eruvchi polimer preparatlarini olish ustida ishladi.

K. S. Axmedov rahbarlik qilayotgan laboratoriyada sintetik yuqori molekulyar birikmalar asosida «K» seriyasidagi preparatlar sintez qilindi, bu preparatlarning tuproq strukturasini yaxshilashi aniqlandi hamda ma'lum bo'lgan «Krilium» amerika preparatlaridan barcha xossalari bilan ustun turishi tajribada isbotlandi. K. S. Axmedov rahbarligida olib borilgan ishlarning ikkinchi yo'nalishi sintetik polimerlarni va konsentrlangan eritmalarning struktura mexanik, fizik-kimyoviy hamda termokimyoviy xossalari o'rganishga bag'ishlangan. Sintetik va ba'zi bir tabiiy polimerlarning erish va bo'kish jarayonlarini ham kuzatgan. Bu ishlarni bajarish jarayonida K. S. Axmedov yangi tahlil usullari, bo'kish va erishni yuqori haroratda tez uchuvchan eritmalaridagi polimerlarning yopishqoqligini o'lchovchi asboblarni yaratdi. Bu asboblarning turli laboratoriyalardan keng o'rin egalladi. K. S. Axmedov rahbarlik qilgan laboratoriyalarda xalq xo'jaligining ko'pgina tarmoqlari uchun zarur bo'lgan anion, kation va polimer sirt faol moddalar

sintezi hamda xossalari o'rganildi. Uning rahbarligida 21 nafar fan nomzodi va fan doktorlari yetishib chiqdi. U fanni rivojlantirishdagi va malakali kadrlar tayyorlashdagi xizmatlari uchun «El-yurt hurmati» ordeni bilan mukofotlangan.

«Kadrlar tayyorlash milliy dasturi»da uzluksiz ta'lim kadrlar tayyorlash tizimining asosi va kadrlar tayyorlash milliy modelining tarkibiy qismlaridan biri, deb ta'kidlanadi. Uzluksiz ta'lim tizimi o'quv-tarbiya jarayonining hamma bosqichlarini qamrab oladi hamda har tomonlama yetuk barkamol avlodni yetishtirish uchun shart-sharoitlar yaratadi. Ta'lim jarayoni murakkab hamda ko'p qirralidir. Bu jarayonning muvaffaqiyatli va samarali natijasi ta'lim jarayonining qonun qoidalari, ya'ni ta'limga qo'yilgan didaktik talablarga qay darajada amal qilishlariga bog'liq.

Ta'lim jarayonida muvaffaqiyatlarga faqat bilim berishda o'quvchi, talabaning o'ziga xos shaxsiy xususiyatlarini hisobga olganda erishish mumkin. Shuning uchun o'qituvchilarda bolalar psixologiyasiga tegishli bilimlar yetarli bo'lishi lozim.

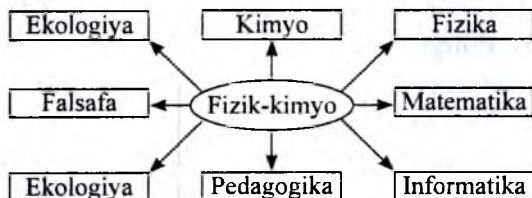
Dars jarayonida shu sinf o'quvchilariga tegishli umumiy xususiyatlarni va har qaysi o'quvchiga tegishli xususiyatlar ta'limning har bosqichida e'tiborga olinishi kerak. Bunga erishish uchun o'qituvchi o'quvchilarni kuzatishi va ularning ruhiy olamini o'rganishi lozim. Faqat shundagina o'quvchidagi kamchiliklarning kelib chiqishi sabablari aniqlanadi va ularning bartaraf qilish uchun izlanishlar olib boriladi.

O'quv yurtlarida beriladigan bilim ilmiy xarakterga ega bo'lishi, texnika va fanning so'nggi yutuq va kashfiyotlarini o'zida ifoda etishi lozim. Shunday ekan, o'quvchi ilm fandagi yangiliklardan xabardor bo'lishi lozim.

Fizikaviy kimyo predmeti ham boshqa fanlar qatori hozirgi barkamol avlodni tarbiyalab voyaga yetkazishga xizmat qiladi. Bu buyuk maqsadni amalga oshirish uchun fizikaviy kimyo kursini o'qitishda uning ta'limiy, tarbiyaviy va rivojlantiruvchi funksiyalari birligini ta'minlash zarur.

Fizikaviy kimyo kursini o'qitish jarayonida quyidagilarni amal-

ga oshirish asosiy vazifa bo'lib hisoblanadi. Fanning eng muhim tayanch bilimlarini (tushuncha qonun nazariyalar yoki fanning asosini) o'quvchilar tushungan holda o'zlashtirib olishlariga erishish. Ilmiy materialistik dunyoqarashini shakllantirish.



O'quvchilarda hozirgi jamiyat rivojiga ijobiy munosabatda bo'lish, mehnatsevarlik fanga qiziqish tabiatga ehtiyotkorona munosabatda bo'lishni va asrash kabi hislatlarni tarbiyalash. O'quvchilarda tafakkurni rivojlantirish fanni mustaqil holda faol egallash kabilarni uyg'unlashtirish. Ta'lim jarayonida bilmaslikdan bilishga, sayoz bilishdan aniq va chuqur bilishga tomon yoki oddiydan murakkabga boriladi. Ushbu o'quv qo'llanmani yozishda ana shu yuqorida aytilgan fikrlar e'tiborga olingan.

Fizikaviy kimyo fani kimyoning boshqa barcha sohaları, shuningdek, pedagogika, psixologiya, matematika, fizika, informatika, falsafa, ekologiya, mikrobiologiya va boshqa ko'pgina fanlar bilan birgalikda faoliyat yuritib, mazkur fanlarning yutuqlariga tayanadi.

### Savol va topshiriqlar

1. *Fizikaviy kimyo fani haqida nimalarni bilasiz?*
2. *Fizikaviy kimyoning tekshirish obyektlarini tushuntirib bering.*
3. *Rustamov H. R. ning fizikaviy kimyoning rivojlanishidagi xizmatlari haqida bilasizmi?*
4. *Fizikaviy kimyo qaysi fanlar bilan bog'liq holda o'rganilishini tushuntirib bering.*
5. *H. U. Usmonov va uning fandagi xizmatlari haqida nimalarni bilasiz?*

## **I BOB. TERMODINAMIKA ASOSLARI. GAZ HOLATI TENGLAMALARI. IDEAL GAZ TUSHUNCHASI VA UNING AHAMIYATI**

Tabiatdagi barcha moddalar sharoitga qarab turli holatda – qattiq, suyuq, gaz va plazma holatida bo‘ladi. Bu holatlar modaning agregat holati, uni tashkil etuvchi zarrachalar orasidagi masofaga va bu zarrachalar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchining katta-kichikligiga qarab aniqlaniladi.

Moddaning agregat holatiga tashqi sharoit – bosim va harorat katta ta’sir ko‘rsatadi. Bosim va harorat o‘zgarganda moddalarni tashkil etuvchi zarrachalar orasidagi masofa o‘zgarib, natijada modda asta-sekin bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatiga o‘tishi mumkin. Masalan, temir  $1535^{\circ}\text{C}$  da suyuq holatga o‘tadi. Qay-nash haroratidan yuqori haroratga qadar qizdirilganda esa bug‘ga aylanadi, ya’ni gaz holatiga o‘tadi. Gaz holatidagi havoni kompressorlarda yuqori bosimda, past haroratgacha sovutish yo‘li bilan suyuq holatga o‘tkazish mumkin. Kimyo sanoatida ana shu yo‘l bilan havodan azot va kislorod ajratib olinadi.

Suv normal atmosfera bosimida  $0^{\circ}\text{C}$  ga qadar qattiq holatda (muz),  $0^{\circ}\text{C}$  bilan  $100^{\circ}\text{C}$  orasida suyuq holatda va  $100^{\circ}\text{C}$  dan yuqori haroratda gaz holatida bo‘ladi.

Ba’zi moddalar tashqi sharoit qancha o‘zgartirilganda ham holatini o‘zgartirmaydi. Masalan, kalsiy karbonat, asosan, qattiq holatda bo‘lib, suyuq holatga ham, gaz holatiga ham o‘tkazib bo‘lmaydi. Chunki u qizdirilganda suyuqlanmasdan va bug‘lanmasdan to‘g‘ridan to‘g‘ri kalsiy oksid bilan uglerod (IV) oksidga ( $\text{CO}_2$ ) ajraladi. Moddalarning agregat holati o‘zgarganda xossalari ham qisman o‘zgaradi. Shuning uchun moddaning qanday sharoitda qaysi agregat holatda bo‘lishini bilish katta ahamiyatga ega.

Moddaning agregat holati zarrachalarining harakatlanish xarak-

teri bilan farq qiladi. Zarrachalarning eng tartibsiz harakati plazma holatidagi moddalarda bo'ladi. Plazma juda yuqori haroratlarda hosil bo'ladi. Bunda modda molekula yoki atomlarning ionlari va elektronlar aralashmasiga aylanadi. Plazmaning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, u umuman elektroneytraldir (musbat zaryadlari soni manfiy zaryadlar soniga teng). Plazmani ko'pincha zaryadlarning ichki taqsimlanishi jihatidan bir jinsli neytral deb bo'lmaydi. Shuning uchun unda zaryadlarning tebranma harakati vujudga kelib natijada plazma elektromagnit tebranishlar manbayiga aylanadi. Yuqori haroratga ega ko'p kosmik jismlarda modda plazma holatida bo'ladi, plazma termoyadro jarayonlarini o'rga - nish paytida laboratoriya qurilmalarida ham hosil qilinadi.

### I.1. Moddaning gaz holati

Gazlarni past bosim sharoitida *bir jinsli sistemalar* deb qarash mumkin. Gaz holatida moddaning zarrachalari (atomlar, molekularlar) orasidagi masofa ancha katta bo'ladi. Shu sababli ayrim zarrachalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari juda kam bo'lib, gaz holatidagi moddani istalgancha siyraklashtirishi yoki aksincha, suyuq yoki qattiq holatga o'tgunga qadar siqish mumkin.

Modda gaz holatida ikki, uch va undan ko'p zarrachlardan tarkib topgan komplekslar hosil qilishi mumkin. Gaz modda suyuq holatga o'tkazilganda uning hajmi minglab marta kamayadi. Bunda gaz molekulalarining hajmi o'zgarmaydi. Balki ular orasidagi masofa qisqaradi, xolos.

Gazlarda molekulalar orasidagi masofa katta va molekulalar - ning hajmi juda kichik bo'lganligi sababli gazlarga oid qonunlarni kel - tirib chiqarishda gaz molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarini va molekulalari hajmini hisobga olmasa ham bo'ladigan gazlar **ideal gazlar** deb ataladi. Asosiy gaz qonunlari ana shunday ideal gazlar uchun keltirib chiqarilgan. Gazning holati, asosan,  $T$ ,  $\rho$ ,  $V$  bilan xarakterlanadi. Boyle–Mariott qonuni o'zgarmas haroratda o'z garmas gaz massasining hajmi va bosimi orasidagi bog'lanishni



ifodalaydi: *o'zgarmas haroratda ( $T = \text{const}$ ) ma'lum miqdor gazning hajmi uning bosimiga teskari proporsional bo'ladi*. Agar  $p$  va  $V$  bilan gazning dastlabki bosim va hajmi  $p_1$  va  $V_1$  bilan gazning oxirgi bosim va hajmi ishoralansa, Boyle–Mariott qonuni quyidagicha ifodalanadi: *o'zgarmas haroratda ( $T = \text{const}$ ) ma'lum gaz massasi-ning hajmi uning bosimiga teskari proporsional bo'ladi*:

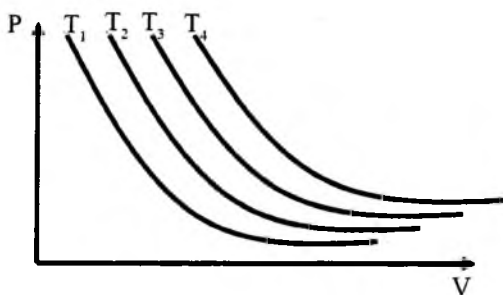
$$p \cdot V = \text{const};$$

$$p \cdot V = p_1 \cdot V_1;$$

$$\frac{p}{p_1} = \frac{V_1}{V},$$

bunda,  $p$  – gazning bosimi;  $V$  – hajmi. Bu qonunni 1662-yil Boyle–Mariott ta'riflagan.

Fizikaviy kimyodan qonun-qoidalarni ifodalashning grafik usullaridan keng foydalaniladi. Bosimning hajmga bog'liqligini diagrammada tasvirlasak (masalan, ideal gaz uchun) u holda ezoterma chiziqlari hosil bo'ladi (1-rasm).



1-rasm. Ideal gazning izotermalari.

Rasmdagi izotrmalar turli haroratdagi bir xil miqdor gazga taalluqlidir. Gazlarga doir Gey-Lyussak qonuniga muvofiq, o'zgarmas bosimda ma'lum miqdordagi gazning hajmi uning absolut haroratiga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{V}{T} = const ,$$

bunda  $T = t + 273,15^\circ$  absolut harorat yoki

$$V = V_0 \cdot \left( 1 + \frac{t}{273,15^\circ} \right)$$

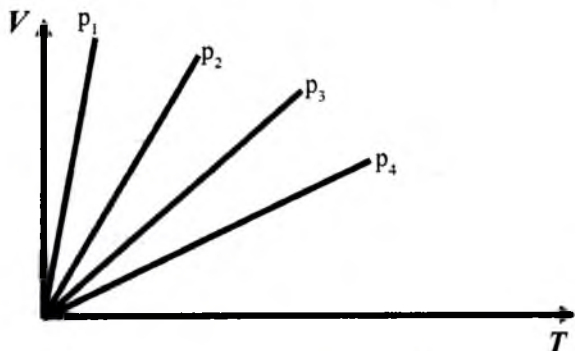
Bosim uchun

$$p = p_0 \cdot \left( 1 + \frac{t}{273,15^\circ} \right)$$

Agar hajm o'zgarmas bo'lsa, o'zgarmas miqdordagi gazning bosimi absolut haroratga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi:

$$\frac{p}{T} = const.$$

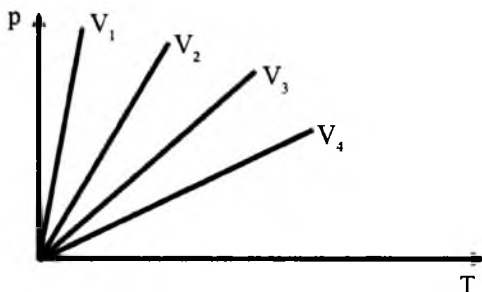
Gey-Lyussak qonunini grafik tarzda quyidagicha ifodalash mumkin. Bosim o'zgarmas bo'lganda ideal gaz izobaralari (2-rasm), hajm o'zgarmas bo'lganda esa izoxoralar (3-rasm) deyiladi.



2-rasm. Ideal gazning izobaralari.



Gazlarning holati bosim, hajm va haroratga bogʻliq boʻlgani sababli bu 3 kattalikni ifodalovchi tenglama gazning holat tenglamasi deyiladi. Bu tenglamni keltirib chiqarish va tushunish uchun Avogadro qonunini ham bilish kerak. Avogadro qonuniga koʻra bir xil harorat va bir xil bosimdagi turli gazlarni teng hajmlardagi molekular soni oʻzaro teng boʻladi.



3-rasm. Ideal gazning izoxoralari.

Ideal gazning holat tenglamasi Boyle–Mariot va Gey-Lyussak qonunlarini birlashtirib, Avogadro qonunini hisobga olish yoʻli bilan keltirib chiqarilgan. U quyidagicha ifodalaniladi:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T.$$

Bu tenglama **Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi** ham deyiladi. Bunda  $n$  gazning mollar sonini bildiradi.  $R$  esa bir mol gazga tegishli oʻzgarmas koeffitsiyent boʻlib, uning qiymati gazning turiga va uning mavjud boʻlish shart-sharoitiga bogʻliq emas. U koeffitsiyent Universal gaz doimiysi deyiladi:

$$R = \frac{p \cdot V}{T}$$

va bosim hamda hajm qanday birliklarda oʻlchanishiga qarab quyidagi qiymatlarga ega boʻladi:

$$R = 0,08205 \frac{l \cdot atm}{mol}$$

$$62400 \frac{ml \cdot mm}{\cdot mol}$$

$$R = 8,313 \cdot 10^7 \frac{erg}{^{\circ} \cdot mol}$$

$$R = 8,31 \frac{J}{^{\circ} \cdot mol}$$

$$R = 1,987 \frac{kall}{^{\circ} \cdot mol}$$

Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi bir mol uchun ( $n = 1$ ) quyidagi ko'rinishga ega:

$$p \cdot V = R \cdot T$$

bunda  $V$  – bir mol gazning hajmi.

Bu tenglamaga kiruvchi kattaliklardan ikkitasining qiymati ma'lum bo'lganida uchinchi kattalikni hisoblab topish mumkin. Ideal gazning holat tenglamasini keltirib chiqarishda molekulalar ning hajmi va molekulalarning o'zaro ta'sir kuchlari hisobga olinmagan. Real gazlarga o'tilganda esa ularni e'tiborga olish kerak bo'ladi. Gaz va suyuqliklar nazariyasini rivojlantirishga katta hissa qo'shgan golland olimi Yan Diderik Van-Der-Vaals ideal gazning holat tenglamasiga ba'zi o'zgartirishlar kiritib, uni real gazlar uchun tatbiq etsa bo'ladigan holga keltirgan, shu sababli Van-der-Vaals tenglamasi deyiladi:

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = R \cdot T$$

bunda  $a$  – berilgan gaz uchun o‘zgarmas kattalik,  $\frac{a}{V^2}$  – gaz molekularining ichki o‘zaro tortishuv kuchi bo‘lib, gazning ichki bosimi deyiladi.

$b$  – molekulaning hajmiga bog‘liq kattalik, lekin u molekula hajmiga teng emas  $b$  ning qiymati molekula hajmidan 4 marta katta

bo‘lishi aniqlangan. Gazning hajmi kichraygan sari  $\frac{a}{V^2}$  kattalasha

boradi.  $V$  kichrayganda  $V-b$  ning ham nisbiy qiymati kattalashadi. Aksincha hajmi katta bo‘lganda, (past bosim va yuqori haroratlar-

da)  $\frac{a}{V^2}$  nisbat kichik bo‘ladi va  $V$  ning qiymati kattaligi sababli  $b$

ni hisobga olmasa ham bo‘ladi. Katta hajm va kichik bosimlarda Van-der-Vaals tenglamasining bu ikki hadining ahamiyati qolmaganligi sababli yuqoridagi tenglama ideal gazning holat tenglamasiga aylanadi.

Gazlarning molekular kinetik nazariyasiga quyidagi prinsiplar asos qilib olingan:

**1. Gaz zarrachalari to‘xtovsiz betartib harakatda bo‘ladi. Zarrachalar bir yo‘nalishda harakatlanmaydi. Ularning hamma yo‘nalishlarda harakatlanish ehtimolligi bir xil.**

**2. Zarrachalar harakatlanayotganda elastik sharlarqonuniga muvofiq bir-biriga va idish devorlariga uriladi, bu to‘qnashuvlarda energiya almashinuvi sodir bo‘lmaydi.**

**3. Zarrachalarning bir to‘qnashuvdan ikkinchi to‘qnashuvga o‘tgan yo‘li (erkin harakatlanish masofasi) zarrachaning o‘lchamlaridan ancha katta bo‘ladi. Shu sababli zarrachaning massasi  $m$  bo‘lgan matematik nuqtalar sifatida qarash mumkin.**

Kinetik nazariyaga ko‘ra gaz bosimini zarrachalarning idish devorlariga urilishining yig‘indisi deyish mumkin. Umuman olganda,

gaz molekulari turlicha tezlik bilan harkatlandi, lekin har qaysi gaz uchun muayyan haroratda molekularning o'rtacha arifmetik tezligi o'zgarmas kattalikdir. O'rtacha arifmetik tezlik  $v_a$  berilgan haroratdagi molekular tezliklari yig'indisini barcha molekular soniga bo'lish yo'li bilan topiladi:

$$\overline{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n}{n}$$

Hisoblashlarda ko'pincha o'rtacha kvadrat tezlikdan foydalanishga to'g'ri keladi. O'rtacha kvadrat tezlik  $v$  – molekular tezliklari kvadratining yig'indisini barcha molekular soniga bo'lib olingan natijani kvadrat ildizdan chiqarish yo'li bilan hisoblab topiladi:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2}{n}}$$

Gazdagi molekularning betartib harakatiga mexanik qonunlarni tatbiq etib, bosim bilan hajmni gaz molekulari harakatining o'rtacha kvadrat tezligi bilan bog'laydigan asosiy tenglama olingan:

$$p \cdot V = \frac{1}{3} N \cdot m \cdot \overline{v}^2$$

Bunda  $N$  – gazdagi molekular massasi.

Bu tenglama 1 mol gaz uchun quyidagicha yoziladi:

$$p \cdot V = \frac{1}{3} N_0 \cdot m \cdot \overline{v}^2$$

Bunda  $N_0$  – Avogadro soni.

Bu tenglamadan foydalanib, ideal gazlarga oid barcha tenglamalarni keltirib chiqarish, molekulaning kinetik energiyasini, gaz molekulalarining o'rtacha harakatlanish tezligini va boshqa kattaliklarni hisoblab topish mumkin.

## I.2. Gazlar aralashmasi

Tabiatda va texnikada ko'pincha gazlar aralashmasi bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi. Masalan, o'simlik va hayvonlar havodan nafas oladi. Havo esa gazlar aralashmasidir. Tuproqdagi havo ham azot, kislorod, argon, uglerod (VI oksid) kabi gazlar aralashmasidan iborat.

Gazlar aralashmasida past va o'rtacha bosimlarda har qaysi gaz o'zining xossalarini saqlab qoladi. Gaz aralashmalari uchun parsial bosimlar qonuni (Dalton qonuni) katta ahamiyatga ega.

Gazlar aralashmasining umumiy bosimi uning tarkibiga kiruvchi gazlar parsial bosimlarining yig'indisiga teng. Aralashma tarkibiga kiruvchilar har qaysi gaz aralashma turgan hajmni egallaganda qancha bosimni ko'rsatsa, shu bosim ana shu gazning *parsial bosimi* deyiladi.

Bu qonun quyidagicha ifodalaniladi:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_k$$

bu ifodaga gazning holat tenglamasini tatbiq etsa bo'ladi:

$$p = R \cdot T \cdot (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k).$$

Gazlar aralashmasining tarkibini bilgan holda, bu qonundan foydalanib gazlar aralashmasining umumiy bosimini topish mumkin.

## I.3. Moddaning qattiq holati

Moddaning qattiq holati agregat holatlarining biri bo'lib, u atomlarning (molekulalar, ionlarning) geometrik jihatdan batartib

joylashganligi bilan ajralib turadi. Qattiq holatda modda zarrachalari orasidagi masofa shu zarrachalarning o'lchamlariga deyarli teng bo'ladi.

Shu sababli zarrachalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari katta bo'lgani uchun, qattiq holatdagi moddalar muayyan shakl va hajmga ega bo'ladi. Qattiq moddalar ichki tuzilishiga, ya'ni zarrachalarning bir-biriga nisbatan qanday tartibda joylashganligiga qarab, kristall, amorf moddalarga bo'linadi.

Bir moddaning o'zi ham kristall, ham amorf holatda bo'lishi mumkin (masalan, kristall holdagi kvars bilan amorf holdagi qumtuproq), lekin kristall holat doimo amorf holatga qaraganda barqaror bo'ladi.

Moddaning amorf holati shakli, optik, mexanik, elektr va boshqa fizikaviy xossalari anizotropiyasi (ya'ni yo'nalishga bog'liq bo'lmashligi) va suyuqlanish haroratining qat'iy muayyan bo'lmashligi bilan karakterlanadi.

Tabiatda amorf holatdagi moddalar kristall moddalarga qaraganda kamroq uchraydi. Tabiiy va sun'iy smolalar doimo amorf holatda bo'ladi. Amorf jismlarning eng tipik vakili odatdagi silikat shishadir, shu sababli amorf holat *shishasimon holat* ham deyiladi.

Amorf moddalar tuzilishi jihatidan suyuqliklarga o'xshaydi va ulardan zarrachalarining harakatchanligi juda kamligi bilan farq qiladi. Shu sababli amorf moddalar o'ta sovutilgan suyuqliklarga o'xshatiladi.

Kristall holatining asosiy tashqi belgilari moddaning aniq muayyan haroratda suyuq holatga o'tishi va tashqi muayyan geometrik shaklga ega bo'lishidir. Undan tashqari, kristallning xossalari (masalan issiq o'tkazuvchanligi) hamma yo'nalishda ham bir xil bo'lavermaydi.

Kristall moddalarda zarrachalar ma'lum tartib bilan joylashgan bo'ladi va fazoviy kristall panjarani hosil qiladi. Fazoviy kristall panjaraning ko'p marta takrorlanib, jismning butun hajmini hosil qiladigan qismi *elementar yacheyka* deyiladi.

Kristall panjaralar zarrachalarning fazoda joylashish xarakteri

va zarrachalar orasidagi o'zaro ta'sir turiga qarab molekular, atomli, ionli va metall kristall panjaralarga bo'linadi.

Bu panjaralarning har biriga kristallik qattiq jismlarning ma'lum tipi muvofiq keladi.

Molekular kristall panjarali moddalarning kristall panjaralari tugunlarida neytral molekular bo'ladi. Agar molekular qutblangan bo'lsa, ular bir-biriga qarama-qarshi zaryadlangan qutblar bilan yondashib turadi. Molekular qutblanmagan bo'lganida ham ular muayyan tartibda joylashgan bo'ladi.

Molekulalarning bunday joylashuvini qutichaga to'ldirib qo'yilgan stol tennisi sharchalarining joylashuviga o'xshatish mumkin. Bunday kristall panjarada molekular o'zaro Van-der-Vaals kuchlari tufayligina tortishib turadi.

Shu sababli molekular panjara ancha bo'sh va unda molekular o'z xossalarini saqlab qolgan bo'ladi.

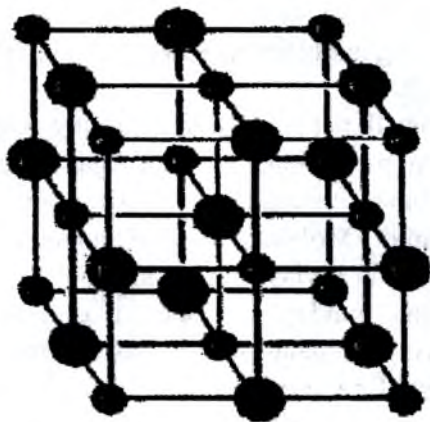
Azot, vodorod, kislorod kabi gazlar past haroratda qattiq holatga o'tganida molekular kristall panjara hosil qiladi. Oson suyuqlanadigan ko'pchilik organik moddalar kristallari ham molekular panjarali bo'ladi.

Kristall panjaraning ikkinchi tipi ionli kristall panjaradir. Ionli kristall panjara ionlardan tarkib topgan bo'ladi. Masalan, natriy xlorid (osh tuzi,  $\text{NaCl}$ ) kristall panjarasini olib ko'raylik. Unda har qaysi natriy ioni ( $\text{Na}^+$ ) oltita xlor ioni ( $\text{Cl}^-$ ) bilan, har bir xlor ioni ( $\text{Cl}^-$ ) esa oltita natriy ioni ( $\text{Na}^+$ ) bilan qurshab olingan.

Natriy ioni musbat, xlor ioni esa manfiy zaryadli bo'lgani uchun, bu zaryadlangan zarrachalar o'zaro elektrostatik kuchlar bilan tortishib turadi.

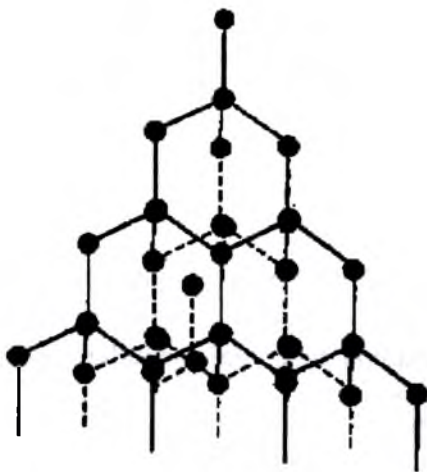
Demak, bunday moddalar molekularida ionli bog'lanish mavjud bo'ladi. Ion panjarali moddalarning suyuqlanish harorati yuqori bo'ladi. Deyarli barcha tuzlar, ba'zi oksidlar va asoslarning kristall panjaralari ionli bo'ladi.

Atomli kristall panjara hosil qilgan moddalarda panjara o'zaro puxta kovalent bog'lanish bilan bog'langan elektroneytral atomlardan tarkib topgan bo'ladi.



4-rasm. NaCl ning kristall panjarasi.

Masalan, olmosning kristall panjarasi atomli panjaradir. Unda har qaysi uglerod atomi boshqa to'rtta uglerod atomi bilan bog'langan. Kovalent bog'lanish ancha puxta bo'lganligi sababli bunday kristallar juda qattiq, suyuqlanish harorati yuqori bo'ladi.



5-rasm. Olmosning kristall panjarasi.



Metall kristall panjarada musbat ionlar tebranib turadi: musbat ionlar orasida erkin elektronlar barcha yoʻnalishlarda harakatda boʻladi. Bu elektronlar panjara ichida bir iondan ikkinchisiga bemalol oʻtib yurganligi sababli **erkin elektronlar** deyiladi.

Metallarning elektr, issiqlik oʻtkazuvchanligi magnit xossalari va metallar uchun xos boʻlgan boshqa xususiyatlari ana shu erkin elektronlar tufaylidir.

Elektronlar bir atomdan ikkinchi atomga oʻtib yurib, goʻyo ularni oʻzaro bogʻlaydi, bunday bogʻlanish ham anchagina puxta boʻlganligi sababli har qanday deformatsiyaga bardosh beradi. Shuning uchun metallarning bolgʻalash, yupqa list qilib yoyish, ingichka sim tarzida choʻzish mumkin, bunda uning ichki tuzilishi oʻzgarmaydi.

Kristallning har bir zarrachasini (molekula, atom yoki ionni) qurshab turadigan va u bilan oʻzaro taʼsirlashadigan zarrachalar soni shu kristall panjaraning **koordinatsion soni** deyiladi.

Koordinatsion son, odatda, 3, 4, 6 va 8 ga teng boʻladi. Kristall panjarani hosil qiluvchi ionlarning oʻlchamlari bir-biridan qancha kam farq qilsa, panjaraning koordinatsion soni shuncha katta boʻladi. Masalan, metallarda 12 gacha yetishi mumkin.

Kristall panjaraning puxtaligi va barqarorligi uni hosil qiluvchi ionlar, atomlar yoki molekulalar orasidagi oʻzaro taʼsir kuchlariga bogʻliq boʻladi. Zarrachalar orasidagi oʻzaro taʼsir kuchlari muayyan miqdor energiya bilan xarakterlanadi, bu energiya **kristall panjaraning energiyasi** deyiladi.

Panjara energiyasi qancha katta boʻlsa, kristall panjara shuncha puxta boʻladi.

Tuproq tarkibida qattiq kristall moddalar gilsimon minerallar koʻp boʻladi. Gilsimon minerallarning soni juda koʻp, lekin tuproqda eng koʻp uchraydigan va uning unumdorligiga taʼsir etadigan minerallar, asosan, uch guruhga boʻlinadi:

- kaolinit;
- montmorillonit;
- gidrosluda.

Gilsimon minerallar bir-biridan tuzilishi bilan farq qiladi. Turli gilsimon minerallar kristall panjarasi bir xil element struktura birliklaridan tuzilgan. Bu birlikmalar kremniy-kislorodli tetraedr shuningdek, aluminiy-kislorodli oktaedr va vodorod atomlaridan tashkil topgan bo'ladi. Bundan tashqari, gilsimon minerallar tarkibiga temir, kaliy, magniy, marganes va boshqa elemnetlar ham kirishi mumkin. Gilsimon minerallar, asosan, qatlamli strukturaga ega bo'ladi.

#### I.4. Moddaning suyuq holati

Moddaning suyuq holati istalgan bosim va haroratda muayyan hajmni egallashi bilan gaz holatidan farq qiladi, ya'ni bosim va harorat o'zgarganda suyuqlikning hajmi deyarli o'zgarmaydi. Moddalar suyuq holatda oquvchan bo'ladi va qanday idishga solinsa shu idishning shaklini oladi.

Ularning molekulari fazoda ma'lum tartibda joylashishga harakat qiladi. Demak, suyuqliklar xossalariga ko'ra qattiq jismlar bilan gazlar o'rtasida oraliq holatini egallaydi. Suyuqliklarning ichki tuzilishi gazlar va kristallarning ichki tuzilishiga qaraganda ancha murakkab. Suyuqliklarda molekularlar orasidagi masofa shu qadar kichikki, suyuqlikning xossalari ko'p holatda molekularlarning hajmiga va ular orasidagi o'zaro tortishuv kuchiga bog'liq.

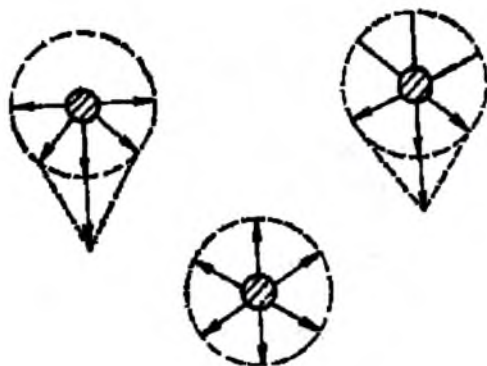
Qutblangan suyuqliklarning xossalari yuqorida aytilganlardan tashqari, turli molekularlarning ayrim qismlari orasidagi o'zaro ta'sirga ham bog'liq.

Qutblangan molekularlar bir-biriga turli ishorali qutblari bilan yaqinlashganda o'zaro tortilib ikki va undan ortiq molekularlardan iborat komplekslar hosil qiladi. Bunday komplekslarning hosil bo'lish hodisasi **assotsilanish** deyiladi.

Assotsilangan suyuqliklar jumlasiga suv, spirtlar, atseton, suyuq ammiak va boshqalar kiradi. Assotsialanganda bog'lanish issiqligi ko'payadi, suyuqlikning uchuvchanligi kamaydi. Harorat ko'tarilishi bilan suyuqliklarning assotsilanish darajasi kamayadi.

## I.5. Sirt tarangligi va uni aniqlash usullari

Suyuqlik molekullari orasida o'zaro tortishuv kuchlari ta'sir etib turadi. Suyuqlik ichidagi molekula hamma tomondan boshqa molekular bilan qurshab olinganligi sababli unga ta'sir etadigan tortishuv kuchlari o'zaro muvozanatlashgan bo'ladi. Suyuqlik sirtidagi molekularlarga esa faqat pastki va yon tomondan tortishuv kuchlari ta'sir qiladi. Suyuqlikka tashqaridan ta'sir etuvchi kuchlar esa, tortishuv kuchlariga nisbatan juda kichik bo'lgandek bo'ladi. Shu sababli har qanday suyuqlik o'z sirtini kichraytirishga intiladi. Ya'ni suyuqlik sirti qancha kichik bo'lsa, uning holati shuncha barqaror bo'ladi. Suyuqlik tomchisining shar shaklida bo'lishiga sabab ana shudir. Chunki sharning sirti berilgan hajmda eng kichik bo'ladi. Suyuqlik sirtini oshirish uchun tashqaridan ish sarflash ya'ni uning sirt taranglik kuchini yengish kerak.



6-rasm. Suyuqlik sirtidagi va uning ichidagi molekulalarning qo'shni molekulalar bilan o'zaro ta'sirlanish sxemasi.

Suyuqlik sirtini  $1 \text{ sm}^2$  ga oshirish uchun sarflash lozim bo'lgan ish sirt taranglik koeffitsiyenti yoki *to'g'ridan to'g'ri sirt tarangligi* deyiladi.

Sirt taranglik grekcha  $\sigma$  (sigma) harfi bilan belgilanib,  $\frac{N \cdot m}{m^2}$  yoki  $\frac{N}{m}$  yoki  $\frac{J}{m^2}$  larda o'lanadi, bu kattaliklar bir-biriga teng:

$$1 \frac{N \cdot m}{m^2} = 1 \frac{N}{m}$$

Chunki,

$$1 J = 1 N \cdot m$$

Suyuqliklarning sirt tarangligi uning tabiatiga va haroratga bog'liq bo'ladi:

$$\sigma = \frac{A}{S}$$

$$A = \sigma \cdot S,$$

bunda  $A$  –  $1 m^2$  sirtni hosil qilish uchun zarur bo'lgan energiya miqdori,  $\sigma$  – suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti,  $S$  – sirt kattaligi. Suyuqlikda erigan moddalar ham uning sirt tarangligini o'zgartiradi. Suyuqlikning sirt tarangligini oshiradigan moddalar sirt faol, sirt tarangligini kamaytiradiganlari esa sirt nafaol moddalar, shuningdek, sirt tarangligiga ta'sir etmaydigan moddalar **sirt befarq moddalar** deyiladi. Sirt taranglikni aniqlashning ko'p qo'llaniladigan usullari kapillar ko'tarilish va **stalognometriya** (tomchilarni sanash) usulidir. Suyuqlikning kapillar ichida ko'tarilish usuli ho'laydigan suyuqliklarning sirt tarangligi tufayli kapillarlarda ko'tarilishiga asoslangan.

Kapillar suyuqlikka botirilganda suyuqlik kapillar devorlarini ho'llab sirt taranglik kuchi tufayli yuqoriga ko'tariladi.

Suyuqlikning kapillar nayda ko'tarilish balandligi  $h$ , nayning radius  $r$  va suyuqlik zichligi  $d$  bo'lsa, uning sirt tarangligi ushbu

formuladan topiladi:

$$\sigma = \frac{1}{2} r \cdot h \cdot d \cdot g$$

bunda  $g$  – og‘irlik kuchi tezlanishi.

Kapillarning radiusi qancha kichik bo‘lsa, suyuqlik shuncha baland ko‘tariladi. Qishda tuproq ezilib, zichlashganligi sababli radiusi kichik kapillarlar ko‘payib ketadi va qishi bilan tuproqda to‘plangan suv bahorda shu kapillarlar orqali tez ko‘tarilib bug‘lanib ketadi. Tuproqda namlikni saqlab qolish uchun yer erta bahorda borolanadi. Bunda kapillarlar buzilib, suvning bug‘lanishi kamayadi. Natijada tuproqda namlik ko‘p saqlanib qoladi va ekinlardan yaxshi hosil olinadi.

**Stalogmometriya (tomchilarni sanash) usuli.** Kapillarlar uchidan oqib tushayotgan suyuqlik tomchisi sirt taranglik kuchi ta‘sirida shar shaklini oladi.

Tomchining massasi sirt taranglik kuchini yenggandagina, tomchi uzilib tushadi. Bu usulda sirt taranglikni aniqlash uchun muayyan hajmdagi stalogrametrdan avval suv so‘ngra, tekshiralayotgan suyuqlik tomchilatib tushiriladi. Suv tomchilari soni ( $n_0$ ) yozib olinadi. Sirt taranglik ushbu formulaga ko‘ra hisoblaniladi:

$$\sigma = \frac{\sigma_0 \cdot n_0 \cdot d}{n \cdot d_0}$$

Bu formuladagi suvning zichligi ( $d_0$ ), tekshiralayotgan suyuqlik zichligi ( $d$ ) va toza suvning sirt tarangligi ( $\sigma_0$ ) tajriba haroratida jadvaldan olinadi.

## I.6. Suyuqliklarning qovushqoqligi

Suyuqlik qatlamlari harakatlanganda katta ichki ishqalanish vujudga keladi. Bunday ichki ishqalanish molekulalar orasidagi o‘zaro

tortishuv kuchlariga bog‘liq bo‘ladi va *suyuqlikning qovushqoqligi* deyiladi.

Suyuqliklarning qovushqoqligi haroratga qarab o‘zgaradi, harorat pasayganda qovushqoqlik juda ortib ketadi.

1-jadval

Suvning qovushqoqligi

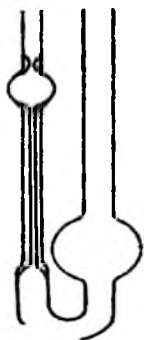
| T/r | Harorat, °C | Qovushqoqlik, sekund | Harorat, °C | Qovushqoqlik, sekund |
|-----|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
| 1   | 0           | 0,00178              | 40          | 0,00066              |
| 2   | 15          | 0,00113              | 60          | 0,00048              |
| 3   | 20          | 0,00100              | 80          | 0,00035              |
| 4   | 25          | 0,0089               | 100         | 0,00029              |

Qovushqoqlik puazlarda ( $1 \text{ puaz} = 1 \frac{\text{g}}{\text{sm} \cdot \text{sek}}$ ) yoki santipuaz

va mikropuazlarda o‘lchanadi. Qovushqoqlik ( $h$ ) bilan suyuqlikning solishtirma hajmi orasidagi bog‘lanish A. I. Bachinskiy formulasi bilan ifodalaniladi:

$$\eta = \frac{C}{V - \omega}$$

bunda  $V$  – suyuqlikning solishtirma hajmi.



$C$  va  $\omega$  haroratga ham, bosimga ham bog‘liq bo‘lmagan o‘zgarmas kattaliklar. Fizik ma‘nosi jihatidan  $\omega$  Van-der-Vaals tenglamasidagi o‘zgarmas kattalik  $\omega$  ga o‘xshaydi. Demak,  $V - \omega$  suyuqlikning «Erkin hajmi» ni bildiradi. Harorat ko‘tarilganda molekulalar orasidagi masofa kattalashib, suyuqlikning hajmi ortadi. Bunda yuqoridagi formulaga ko‘ra, qovushqoqlik kamayadi. Qovushqoqlik vizkozimetr yordamida o‘lchanadi.

7-rasm. Viskozimetr.

Qovushqoqlikga teskari kattalik ( $\frac{1}{\eta}$ ) oquvchanlik deyiladi. Qovushqoqlikni bilish tibbiyotda tirik organizmlarda sodir bo'ladigan ko'pgina muhim jarayonlarning qanday borishini aniqlashda, masalan, oqsil, uglevod, yog'lar hamda organizmning turli suyuqliklarini (qon, siydik, limfa, oshqozon shirasi) o'rganishda qovushqolikni aniqlash muhim ahamiyatga ega.

### **I.7.Suyuqliklarning bug'lanishi va qaynashi**

Suyuqlikda molekulalar doimo to'xtovsiz harakatda bo'ladi, lekin molekulalarning harakat tezligi bir-biridan farq qiladi. Suyuqlikning sirtqi qavatidagi molekulalar tezligi va demak, kinetik energiyasi katta bo'lganda molekulalararo tortishuv kuchlarini yengib, suyuqlik ustidagi fazoga ajralib chiqishi mumkin. Bunda suyuqlik bug'lanadi. Suyuqlikning bug'lanishi haroratga bog'liq. Past haroratlarda suyuqlik molekulalari orasidagi o'zaro tortishuv kuchlari molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasidan ancha katta bo'ladi. Shu sababli juda kam molekulalargina suyuqlikdan ajralib chiqi oladi.

Harorat ko'tarilishi bilan suyuqlik molekulalarining harakatlanish tezligi va demak, kinetik energiyasi ortib boradi. Va suyuqlikdan tobora ko'proq molekula ajralib chiqadi. Harorat ko'tarilishi bilan suyuqlik molekulalarining harakatlanish tezligi va kinetik energiyasi ortib, suyuqlikdan molekulalar ko'plab ajralib chiqi boshlaydi. Shu molekulalarning chiqib ketishi sababli suyuqlik soviydi. Suyuqlikning sirti qancha katta bo'lsa, undan shuncha ko'p molekulalar ajralib chiqadi, ya'ni bug'lanish tezlashadi. Suyuqlikning bug'lanishiga tashqi bosim ma'lum darajada qarshilik ko'rsatadi. Agar suyuqlik berk idishda turgan bo'lsa, suyuqlikdan chiqayotgan molekulalar bir-birga va idish devorlariga urilib, suyuqlik kondensatlanadi.

Dastlab, suyuqlik bug'langani sari bug'dagi molekulalar kon-

sentratsiyasi ortib boradi va natijada suyuqlikka qaytib tushadigan molekulalar soni ham ko'payadi. Ma'lum vaqtdan keyin suyuqlikdan chiqib ketayotgan molekulalar soni suyuqlikka qaytib tushayotgan molekulalar soniga tenglashadi, ya'ni muvozanatda bo'lgan bunday bug' to'yingan bug' u ko'rsatgan bug' bosimi esa suyuqlikning haroratiga bog'liq bo'ladi.

Har qanday moddaning o'zgarmas haroratdagi to'yingan bug' bosimi shu modda uchun xos o'zgarmas kattalikdir.

Suyuqlikning bug' bosimi tashqi bosimiga tenglashganda faqat suyuqlikning erkin sirtidan molekulalar ajralibgina qolmay balki uning butun hajmida bug' pufakchalari hosil bo'la boshlaydi va suyuqlikdan ajralib chiqadi. Bunday jarayon **suyuqlikning qaynashi** deyiladi.

Suyuqlik bug'langanda issiqlik yutiladi. 1 g suyuqlik muvozanat bug'langanida yutiladigan issiqlik solishtirma bug'lanish issiqligi, 1 mol suyuqlik bug'langandagisi esa **molar bug'lanish issiqligi** deyiladi.

Turli suyuqliklarning solishtirma bug'lanish issiqligi turlicha bo'ladi, shu sababli taqqoslash maqsadida ko'proq mol bug'lanish issiqligidan foydalaniladi. Turli suyuqliklardagi atmosfera bosimi qaynash haroratidagi molar bug'lanish issiqligi ( $L_{qayn}$ ) ularning absolut shkala bo'yicha olingan qaynash haroratiga ( $T_{qayn}$ ) to'g'ri mutanosib bo'ladi:

$$L_{qayn} = K_{qayn} \cdot T_{qayn},$$

bunda  $K_{qayn}$  mutanosiblik koeffitsiyenti bo'lib, ko'pchilik suyuqliklar uchun taxminan 21–22. Agar bug'lanish issiqligi  $\frac{kall}{g}$  hisobida olinsa,  $K_{qayn} = 21$  ga teng, agar  $L_{qayn}$  joullar bilan ifodalansa,  $K_{qayn} = 87,9$  ga teng bo'ladi:

$$\frac{L_{qayn}}{T_{qayn}} = 87,9.$$



## I.8. Suv molekulasining tuzilishi

Suv o'simlik va hayvonlar organizmi hamda uning normal hayot kechirishi uchun juda muhim modda hisoblandi. Inson organizmida kishining yoshiga qarab 50–70% miqdorda suv bo'ladi. Ba'zi jonivorlarning 98% suvdan iborat.

Sabzavot va mevalar tarkibida 80% gacha suv bo'ladi. Suv oqsil kolloidlari tarkibiga kiradi va tirik hujayra hamda to'qimalarning tuzilishida bevosita ishtrok etadi. Shu sababli suvning xossalarini va ichki tuzilishi xususiyatlarini o'rganishning ahamiyati katta.

Ilgari suyuq holdagi suv oddiy  $H_2O$  molekulalar bilan bir qatorda qo'shaloq  $(H_2O)_2$  o'lchamli  $(H_2O)_3$  va undan murakkab zarrachalardan tarkib topgan assotsiatlardan iborat deb hisoblanar edi. Lekin, bu tajribada tasdiqlanmadi. Keyingi vaqtlarda rentgenostruktura analiz suyuq suvda molekulalar ma'lum darajada tartib bilan joylanganligini ko'rsatdi.

Odatdagi va yuqoridagi haroratlarda bunday tuzilish kvarsning strukturasiga o'xshab ketadi,  $4^{\circ}C$  dan past haroratda suvning zichligi kamayib, odatdagi muzning strukturasiga o'xshab qoladi.

Hozirgi paytda suyuq suvni o'zaro tetraedrik bog'langan molekulalar birlashmasi bilan qisman yoki batamom erkin bog'langan molekulalardan tarkib topgan deyish mumkin.

Bunday birlashgan molekulalar (ular o'zaro vodorod bog'lanish orqali birikkan), ayniqsa, suvning muz holatida ko'proq bo'ladi. Muzning harorati  $0^{\circ}C$  ga qadar ko'tarilganda ya'ni, u eriy boshlaganida issiqlik harakati tufayli suv molekulalari orasida vodorod bog'lanishlar uzila boshlaydi.

Lekin  $0^{\circ}C$  va undan past haroratlarda issiqlik harakat energiyasi muz kristalli molekulalari orasidagi barcha vodorod bog'lanishlarini uzishga yetarli bo'lmaydi.

Suvda dinamik muvozanat qaror topadi, bunda erkin molekulalar bilan bir qatorda o'zaro vodorod bog'lanish orqali bog'langan molekulalar ham bo'ladi. Muz eriganda issiqlik yutiladi, ya'ni kristall panjaraning buzilishi endotermik jarayon hisoblanadi,

sistemaning energiyasi ana shu vodorod bog'lanishlarni uzishga sarflanadi.

Muz eriganda hajm kichrayadi, bu esa suv molekulalarining muzdagi zichligi suyuq suvdagi zichlikdan kichik ekanligini ko'rsatadi. Muz strukturasida har qanday molekula o'ziga eng yaqin boshqa 4 ta molekula bilan vodorod bog'lanish orqali bog'lanib tetraedrik struktura hosil qiladi. Bunday struktura g'ovak bo'ladi. Muz eriganda esa bunday struktura buziladi.

Shu sababli muayyan miqdordagi suv muzlaganda uning hajmi kattalashadi. Suvning zichligi katta bo'ladi va  $4^{\circ}\text{C}$  maksimum qiymatga yetadi. Suvning tabiatdagi eng muhim xususiyati uning boshqa moddalarning o'zida eritishdir. O'simliklar ham oziq moddalarning ko'pchiligini, asosan, suvda erigan holda o'zlashtiradi.

### **Savol va topshiriqlar**

1. Fizikaviy kimyo fani nimani o'rganadi, uning rivojlanishi haqida nimalarni bilasiz?
2. Moddaning agregat holatlari nima?
3. Gaz, suyuqlik, qattiq jism va plazma tushunchalarini ayting.
4. Gaz holati qanday qonunlar bilan xarakterlanadi?
5. Gazlarning kinetik nazariyasi nimadan iborat?
6. Harorat tushunchasiga ta'rif bering.
7. Gazlarning kinetik nazariyasidan qanday xulosalar kelib chiqadi?
8. Suyuqliklarga umumiy ta'rif bering.
9. Suyuqlikning sirt tarangligi va sirt energiyasi haqida nimalarni bilasiz? U qaysi usullar bilan aniqlanadi?
10. Suyuqlikning qovushqoqligi nima?
11. Sirt-faol va sirt-nofaol moddalar haqida nimalarni bilasiz?

## II BOB. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI. TERMODINAMIK SISTEMA

Olamdagi har qanday jismda istalgan haroratda molekula va atomlar to'xtovsiz harakatda bo'ladi. Ularning kinetik energiyalari yig'indisi jismning issiqlik energiyasini tashkil etadi. Molekulalar yoki jismning kristall panjarasidagi atomlarning o'zaro ta'sirlashuv potensial energiyasi uning kimyoviy energiya zaxirasidir.

Umuman sodda qilib aytganda, kinetik energiyani jismning harakatdagi ish bajarish energiyasi deyish mumkin. Energiyaning bu ikki turi, kinetik va potensial bir-biriga o'tib turishi mumkin.

Masalan, biror jism yuqoriga ko'tarilganda uning kinetik energiyasi kamayib, potensial energiyasi ortadi. Bunda yerning tortishish kuchiga qarshi ish bajarilgan sari kinetik energiya potensial energiyaga aylanadi.

Biz kundalik turmushda doimo bir turdagi energiyaning boshqa turdagi energiyaga aylanishiga duch kelamiz. Masalan, metall parmalanganda parma qiziydi, mexanik energiyaning bir qismi issiqlik energiyasiga aylanadi. Elektr toki motorni harakatga keltiradi. Elektr energiyasi mexanik energiyasiga aylandi. Ko'mir yonganda kimyoviy energiya issiqlik va yorug'lik energiyasiga aylandi va h. k. Ammo, bunda bir turdagi energiyaning qancha miqdori ikkinchi turdagi energiyaga aylanganini bila olmaymiz. Buni bilish uchun bizga termodinamika yordam beradi. Termodinamika turli jarayonlarda energiyaning bir turdan ikkinchisiga va sistemaning bir qismidan ikkinchi qismiga o'tishini va chegarasini o'rganadigan fandir.

Atrof-muhitdan fikran ajratilgan jism yoki o'zaro ta'sir etadigan jismlar to'plami termodinamikada **sistema** deyiladi. Termodinamik sistemaning bir holatdan boshqa holatga o'tishi termodinamikada jarayon deyiladi. Termodinamika grekcha «terme» – «issiqlik» va

«dinamis» – «kuch» (harakat) soʻzlaridan olingan boʻlib, harorat issiqlik hamda issiqlik va ishning bir-biriga aylanishi haqidagi fandir. Demak, biz termodinamikani oʻrganish uchun issiqlik va ishning oʻzi nima ekanligini bilib olishimiz zarur.

M. V. Lomonosov issiqlikning mexanik nazariyasi asoschisi. Uzoq vaqtlarga qadar issiqlikning tabiati haqidagi ikki xil fikr hukm surmoqda edi. Birinchi gipotezaga koʻra jism qizdirilganda u issiqlik oladi, sovutilganda esa issiqlik beradi, yaʼni jism shu jism moddasi bilan issiqlik aralashmasidan iborat.

Boshqacha aytganda, issiqlik ham modda. U istalgan jismga kira oladi va undan chiqa oladi. Bu fikrni 1613-yilda ilgari surgan Galiley issiqlik moddasiga flogiston, yaʼni teplorod deb nom berdi. Uning fikriga koʻra flogiston jismlar orasida turlicha taqsimlanadi. Jismda u qancha koʻp boʻlsa, jism harorati shuncha yuqori boʻladi.

Ikkinchi gipotezani 1620-yilda ingliz faylasufi F. Bekon ilgari surdi. U bolgʻa bilan urilgan temir parchasining qizishiga va jismlar bir-biriga ishqalanganda uchqun hosil boʻlishiga asoslanib, issiqlik jismdagi nihoyatda mayda zarrachalarning harakat tezligi bilan aniqlanadi, degan xulosaga keldi. Bu nazariya fanda issiqlikning mexanik nazirayasi deb nom oldi. Uni asoslash va rivojlantirishga rus olimi M. V. Lomonosov katta hissa qoʻshdi.

«Juda yaxshi maʼlumki, deb yozgan edi M. V. Lomonosov, issiqlik harakat tufayli vujudga keladi: qoʻl bir-biriga ishqalanganda isiydi, yogʻoch alanga olib ketadi, tosh urilganda uchqun paydo boʻladi, temirga tez-tez kuchli zarba tushirilib turilsa, zarba toʻxtatilganda issiqlik kamayib nihoyat jism soviydi».

M. V. Lomonosov shunday xulosaga keladi: «Bularning hammasidan ravshanki, issiqlik uchun yetarli asos harakatdadir».

Harakat materiyasiz sodir boʻla olmasligi sababli issiqlik uchun yetarli asos biror materiyaning harakatida boʻlishi kerak. Jismlar ikki xil harakatda boʻladi.

Umumiy harakat bunda materiyaning sezilmas zarrachalari oʻz oʻrnini oʻzgartiradi. Umumiy harakat juda tez boʻlganda hamm issiqlik hosil boʻlishi kuzatilmaydi. Aksincha bunday harakat boʻlma-

ganida ham issiqlik paydo bo'lishi kuzatiladi. Demak, ravshanki issiqlik materiyani ichki harakatidir. Keyingi o'tkazilgan tajribalar Lomonosovning issiqlik haqidagi bu fikrlari tomoman to'g'ri ekanligini ko'rsatadi.

Ish deganda nimani tushunamiz?

Mexanik ish bajarish uchun qarshilikni molekular kuchlarni og'irlik kuchini va boshqa kuchlarni yengish demakdir. Jismni qismlarga bo'lish yukni ko'tarish relslardan poyezdlarni tortish, prujinani siqish, bularning hammasi ish bajarish; ma'lum vaqt oralig'ida qarshilikni yengish demakdir. Gazni, suyuqlikni, qattiq jismni siqish ish bajarishdir.

Bu ishlar bir-biriga o'xshamasa ham ularda bitta umumiylik bor, ish harakat bilan bog'liqdir. Yuk ko'tariladi, poyezd siljiydi, porshen dvigatel silindrida sirpanadi. Harakatsiz ish yo'q, lekin ish tartibli harakat bilan bog'liq; yukning hammasi yuqori tomon siljiydi, porshen silindrda bir yo'nalishda harakatlandi.

Demak, ish tartibli harakatning bir sistemadan boshqa sistemaga uzatilishidan iborat. Issiqlik ham harakatning bir sistemadan boshqa sistemaga uzatilishidan iborat. Shu jihatdan ular bir-biriga o'xshaydi. Lekin, ular orasida prinsipial farq bor. Issiqlik-molekulalarning tartibsiz harakatining uzatilishi. Ish tartibli bir tomonga yo'naltirilgan harakatning uzatilishi.

Tartibsiz harakatning iloji boricha ko'p qismini qanday qilib tartibli harakatga aylantirish, issiqlik yordamida qanday qilib eng ko'p ish bajarish mumkin, termodinamikaning muhim vazifasi ana shu masalani hal etishdan iborat.

## **II.1. Sistemaning ichki energiyasi va issiqlik saqlami. Entalpiya**

Istalgan termodinamik sistema ma'lum energiya zaxirasiga ega bo'lib, termodinamikada bu uning ichki energiyasi hisoblanadi. Ichki energiya harakatlanayotgan molekulalarning kinetik, potensial, elektronlar atom yadrolari energiyasi va nur energiyasining

yig'indisidan iborat. Lekin, butunligicha olingan modda harakati-ning kinetik energiyasi va modda holatining potensial energiyasi uning ichki energiyasi yig'indisiga kirmaydi. Ichki energiya moddaning tabiati va miqdoriga, shuningdek, uning mavjud bo'lish sharoitlariga bog'liq.

Ichki energiya, odatda,  $U$  harfi bilan belgilanadi. Kimyoviy jarayonlarda ichki energiyaning hammasi to'liq namo - yon bo'lmaydi, shuning uchun biz real jarayonlarda ichki energiya zaxirasining o'zgarishiniga o'rganamiz. Ichki energiya jismning holati bilan aniqlanadi, ya'ni u holat funksiyasidir, shu jihatdan u ish bilan is-siqlikdan farq qiladi.

Ish bilan issiqlik jarayonning qanday o'tganligiga bog'liq. Ichki energiyaning o'zgarishi esa, moddaning bir holatdan ikkinchi ho-latga qanday yo'l bilan o'tganligidan qat'i nazar, ana shu holatida ichki energiyasi  $U_1$  oxirgi holatida  $U_2$  bo'lsa, ichki energiyaning o'zgarishi

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

bo'ladi.

Shunday qilib, moddaning har qaysi holatiga muayyan ichki nergiya muvofiq keladi. Sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda uning ichki energiyasi ortishi yoki kamayishi mumkin. Shunga ko'ra ichki energiyaning o'zgarishi  $\Delta U$  musbat yoki manfiy ishorali bo'ladi.  $\Delta U$  musbat bo'lsa, sistemaga issiqlik yutilgan, manfiy bo'lsa, sistemadan issiqlik olingan (chiqarilgan) deymiz.

Bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashib turadigan, atrof-muhitdan fikran ajratilgan modda yoki moddalar guruhi **sistema** deyiladi. Ichida chegara sirti bo'lmagan va hamma nuqtalardagi xossalari o'zaro farq qilmaydigan sistema **gomogen sistema**, ichida chegara sirti bo'lgan sistema esa **geterogen sistema** deyiladi.

Masalan, suyuq suv va muzdan iborat sistema geterogen siste-ma bo'ladi, chunki u ikki fazadan muz (qattiq) va suvdan (suyuq) tarkib topgan.

Gomogen sistema faqat bitta fazadan iborat bo'ladi. Tashqi muhit

bilan modda va energiya almashina olmaydigan va hajmi o'zgar-  
maydigan sistema **izolatsiyalangan sistema** deb qaraladi.

Ilgari aytib o'tilganidek, o'zgarmas hajmda boradigan jara-  
yonlar **izoxorik** jarayon, o'zgarmas bosimdagi **izobarik**, o'zgarmas  
haroratda boradiganlari **izotermik** jarayon deyiladi.

Izoxorik jarayonlardan boshqa har qanday termodinamik jara-  
yonga energiya bir qismi kengayish ishiga sarflandi. Izoxorik  
jarayonda sistemaga berilgan energiya faqat uning ichki energiya -  
sining o'zgarishiga sarflanadi. Izobarik jarayonlarni xarakterlash  
uchun entalpiya ( $H$ ) degan funksiya kiritilgan:

$$H = U + pV.$$

Entalpiyaning absolut qiymatini yuqoridagi tenglama yordamida  
hisoblab bo'lmaydi. Shuning uchun amalda entalpiyaning o'zgari-  
shi  $\Delta H$  aniqlanadi:

$$\Delta H = H_2 - H_1.$$

Entalpiya ham ichki energiya kabi holat funksiyasidir. Uning  
o'zgarishi sistemaning faqat boshlang'ich va oxirgi holatlariga  
bog'liq. Ichki energiya o'zgarishi

$$\Delta U = \Delta H - p\Delta V$$

bo'ladi yoki gaz holatdagi moddalar uchun

$$p\Delta V = RT\Delta n$$

bo'lganligi uchun,

$$\Delta U = \Delta H - \Delta nR \cdot T$$

formula mavjud, bunda  $\Delta n$  jarayon vaqtida o'zgargan moddaning  
mollar sonini ko'rsatadi. Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, ichki en-  
ergiya va entalpiyaning qiymati qanday o'zgarishiga qarab, siste-  
maning (moddaning) kimyoviy energiyasi ortadi yoki kamayadi.

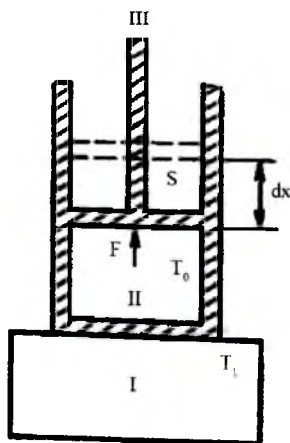


## II.2. Termodinamikaning I qonuni

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish qonunining xususiy holi bo'lib, energiya, ish va issiqlik tarzida bir-biriga aylanadigan jarayonlarda energiyaning o'zgarishini ifodalaydi.

Har qanday termodinamik sistema holatining o'zgarishi, bu sistemaning ish bajarishi yoki tashqi kuchlarning bu sistema ustidan ish bajarishi bilan bo'ladi.

Bundan tashqari, termodinamik sistemaga biror issiqlik miqdori berib yoki undan olganda ham sistemaning holati o'zgaradi. Biror termodinamik sistemani, masalan, silindr va harakatlanuvchi porshen ostidagi gazni olaylik. Bu sistemaning ichki energiyasini  $U$  deb belgilaylik (8-rasm).



8-rasm. Silindr va harakatlanuvchi porshendan iborat termodinamik sistema.

Sistema atrofidagi jismlar bilan energiya almashinuvida bo'lsa, uning ichki energiyasi  $\Delta U$  miqdorga o'zgaradi. Agar kuzatilayotgan  $T_0$  haroratli II sistema boshqa  $T_l$  haroratli I sistemaga tekkizilsa



( $T_1 > T_0$ ), unda kuzatilayotgan I termodinamik sistemaga  $\Delta Q$  issiqlik miqdori uzatiladi.

Bunda I sistemaning ichki energiyasi  $\Delta U$  miqdorga ortadi va sistemaning holati o'zgaradi hamda uning hajmi ortadi va tashqi sistemalarni (III) mexanik harakatga keltiradi. Bu holatda II termodinamik sistema, tashqi kuchlarga (jismlarga) nisbatan  $A$  ish bajaradi. Unda energiyaning saqlanish qonunini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta Q = \Delta U + A.$$

Bu termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasidir. Shunday qilib, termodinamik sistemaga berilgan issiqlik miqdori ( $\Delta Q$ ) uning ichki energiyasi ( $\Delta U$ ) ortishiga va sistemani tashqi kuchlarga nisbatan ( $A$ ) ish bajarishiga sarf bo'ladi.

Yuqoridagi formulani, cheksiz kichik orttirishlar bilan almashtirsak, unda termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha yoziladi:

$$dQ = dU + dA.$$

Endi termodinamik sistema hajmining o'zgarishida bajarilgan ishni hisoblaymiz.

8-rasmda ko'rsatilganidek, gaz yuzasi  $S$  bo'lgan qo'zgaluvchan porshen bilan berkitilgan silindrga qamalgan bo'lsin. Sistema (gaz) atrofidagi jismlardan  $dQ$  issiqlik miqdori olsin, bu holatda sistema (gaz) ning harorati ortishi natijasida, porshenga tas'ir qilayotgan gaz molekulalarining bosim kuchi ham o'rtadi.

Ammo tashqi bosim o'zgarmas bo'lgani uchun porshen  $dx$  masofaga siljib, ya'ni sistemaning hajmi ortadi va gaz bosimi o'zgarmas holda qoladi. Sistema bunda  $dA$  ish bajaradi:

$$dA = Fdx = PSdx$$

bunda,

$$F = PS ,$$

Sistema (gaz) ning porshenga ta'sir qilayotgan kuchi,  $p$  – gazning bosimi.

Yuqoridagi formulada  $Sdx$  kattalik gaz hajmining  $dV$  ga o'zga rishini beradi, ya'ni

$$dV = Sdx ,$$

Unda sistemaning hajmi elementar kengayishlarida bajarilgan yuqoridagi ishni quyidagi ko'rinishda yozsak bo'ladi:

$$dA = pdV.$$

Demak, sistema hajmining o'zgarishida bajarilgan ish, gaz bosimi bilan hajm o'zgarishining ko'paytirilganiga teng. Yuqoridagi formulani e'tiborga olsak, u holda termodinamikaning birinchi qonunini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$dQ = dU + pdV.$$

$dA$  va  $dQ$  lar jarayon funksiyalaridir,  $dU$  esa to'liq differensialdir. Shu boisdan ichki energiya  $U$  sistema holatini bir qiymatli ravishda aniqlab **holat funksiyasi** deyiladi.

### II.3. Termokimyo va Gess qonuni

Deyarli barcha kimyoviy reaksiyalarda issiqlik holidagi energiya yutiladi yoki ajralib chiqadi. Issiqlik chiqishi bilan boradigan reaksiyalar **ekzotermik reaksiyalar**, issiqlik yutilishi bilan boradigan reaksiyalar **endotermik reaksiyalar** deyiladi.

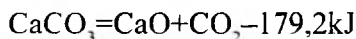
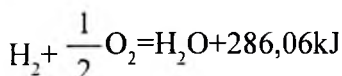
Yutilgan yoki chiqarilgan energiya miqdori reaksiyaning issiqlik effekti deyiladi. Kimyoviy termodinamikaning jarayonlarining issiqlik effektini, moddalarning issiqlik sig'implarini o'rganadigan bo'limiga **termokimyo** deyiladi. Issiqlik effekti, odatda, reaksiya-

ga kirishayotgan 1 *mol* modda uchun olinadi va kilokalloriya yoki kilojoullarda ifodalaniladi. Oddiy moddalardan 1 *mol* murakkab modda hosil bo'lishida ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik shu murakkab moddaning hosil bo'lishi issiqligi deyiladi. Issiqlik effekti tajribada **kallorimetrlar** yordamida o'lchanadi.

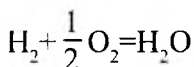
Termokiyo yordamida olingan ma'lumotlar kimyoviy ishlab chiqarishning optimal texnologik rejimlarini tanlashga, shuningdek, moddalarning energetik xarakteristikalari bilan ularning tuzilishi, tarkibi barqarorligi va reaksiyaga kirishish xususiyati orasidagi bog'lanishni aniqlashga imkon beradi.

Termodinamikada sistemaga berilgan yoki unga yutilgan issiqlik musbat, sistemadan olingan, ya'ni undan ajralib chiqqan issiqlik esa manfiy ishora bilan belgilanadi.

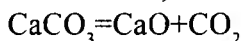
Masalan,



Bu reaksiyalarning birinchisida issiqlik yutiladi, shuning uchun musbat ishora qo'yilgan, ikkinchisida esa issiqlik ajralib chiqadi va unda manfiy ishora qo'yilgan. Bu reaksiyalarni termokimyoviy ifodalash talab qilinsa, quyidagicha bo'ladi:



$$\Delta H^0 = -286,06 \text{ kJ}$$



$$\Delta H^0 = 179,2 \text{ kJ}$$

1 *mol* modda 300–400 *mol* erituvchida eriganda ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik erish issiqligi deyiladi.

Erish issiqligi erigan modda bilan erituvchining nisbiy miqdoriga bog'liq bo'ladi. Qattiq modda suvda eritilganida moddaning

kristall panjarasi buziladi va bunda issiqlik yutiladi. Tuzlarning erish jarayoni 2 bosqichda kechadi:

**1. Tuzlarning kristall panjarasining buzilishi, ya'ni dissotsi-  
alanishi, bu ekzotermik jarayon bo'lib, sistemaga issiqlik yuti-  
ladi, bu issiqlik panjaraning buzilishiga sarflanadi,  $+\Delta H$ ,**

**2. Solvatlanish yoki gidratatsiya jarayoni, bunda sistemadan  
issiqlik ajralib chiqadi. Jarayon ekzotermik,  $-\Delta H$ .**

Umumiy holda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta H_{erish} = \Delta H_1 + (-\Delta H_2).$$

Demak, erish issiqligi kristall panjaraning buzilish issiqligi bilan gidratlanish yoki solvatlanish issiqligining algebraik yig'indisidan iborat. Termodinamikaning I qonuni issiqlik effekti bilan sistema ichki energiyasining yoki entalpiyaning o'zgarishi orasidagi munosabatni aniqlash imkonini beradi. O'zgarmas hajmda boradigan, ya'ni izoxorik jarayonlar uchun

$$Q_v = \Delta U.$$

Ya'ni, bunday jarayonlarning issiqlik effekti sistema ichki energiyasining kamayishiga teng. Izobarik jarayonlar uchun esa

$$Q_p = \Delta H.$$

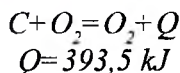
Ya'ni o'zgarmas bosimda boradigan jarayonlarning issiqlik effekti sistema entalpiyasining kamayishiga teng.  $U$  va  $H$  ning o'zgarishi sistema bosib o'tgan yo'lga bog'liq bo'lganligi uchun o'zgarmas bosim va hajmda boradigan jarayonlarning issiqlik effekti ham sistema bosib o'tgan yo'lga bog'liq emas. Uning qiymati sistemaning boshlang'ich hamda oxirgi holatlari bilan belgilanadi.

Reaksiya issiqlik effektining jarayon bosib o'tgan yo'lga bog'liq emasligini 1836-yilda rus akademigi Gess tajribada aniqladi. Gess qonuniga ko'ra kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effekti reaksiyada ishtirok etadigan moddalarning boshlang'ich va oxirgi holatlaridagina bog'liq, lekin boshlang'ich holatdan oxirgi holatga

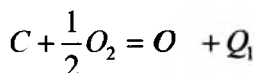
qanday yo'l bilan o'tilganligiga bog'liq emas.

Masalan, uglerod kislorodda yondirilganda karbonat angidrid ikki xil yo'l bilan hosil bo'lishi mumkin:

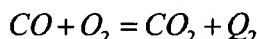
**1-usul:**



**2-usul:**



$$Q_1 = 110,5 \text{ kJ}$$



$$Q_2 = 283 \text{ kJ}$$

Gess qonuniga ko'ra,

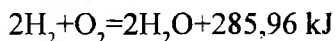
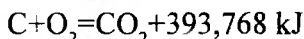
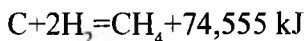
$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = 110,5 + 283 = 393,5 \text{ kJ}$$

Moddalarning hosil bo'lish issiqlik effektlari ma'lum bo'lsa. Gess qonuni yordamida reaksiyaning hosil bo'lish issiqlik effektini hisoblab topish mumkin. Masalan,



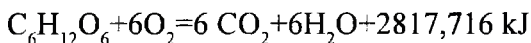
reaksiyada moddalarning elementlaridan hosil bo'lish issiqliklari quyidagicha:



Reaksiyaning issiqlik effekti

$$Q = Q_{CO_2} + Q_{H_2O} - Q_{H_2} - Q_{CH_4} = 890,95 \text{ kJ}$$

Demak, Gess qonuniga ko'ra reaksiyaning issiqlik effekti reaksiya mahsulotlarining hosil bo'lishi issiqliklari yig'indisi bilan dastlabki moddalarning hosil bo'lishi issiqliklari yig'indisi orasidagi ayirmaga teng. Gess qonuni fiziologiyada katta ahamiyatga ega: organizmda ovqat mahsulotlari oksidlanganda qancha energiya chiqishi shu qonun asosida hisoblab topiladi va ovqatlarning kalloriyaligi hamda to'yimlilik aniqlanadi. Masalan, glukozaning bevosita oksidlanishida



2817,7 kJ issiqlik chiqadi. Lekin organizmda glukozaning oksidlanishi bevosita yuqoridagi reaksiya asosida emas, balki bir qancha oraliq bosqichlar orqali boradi. Ammo shunday murakkab jarayonlar natijasida ham oxirida karbonbat angidrid va suv hosil bo'ladi.

Demak, Gess qonuniga ko'ra 1 mol glukozaning ana shunday murakkab jarayonlar orqali oksidlanishidan chiqqan energiyalar - ning umumiy miqdori 2817,7 kJ ga teng. Bu energiyaning ko'p qismi ishga aylanadi va oz qismigina tana haroratini bir me'yorda saqlab turishga sarflanadi.

### Savol va topshiriqlar

1. Termodinamika nimalarni o'rganadi?
2. Sistemaning ichki energiyasi nima?
3. Termodinamik tushunchalarni birma-bir aytib bering va har birini ta'riflang.
4. Sistema, tashqi muhit, gomogen sistema, geterogen sistema, izolat-siyalangan sistema, ochiq va yopiq sistema, ekstensiv va intensiv parametrlar, energiya, ish tushunchalariga ta'rif bering.
5. Termodinamikaning birinchi qonuni qanday ta'riflanadi?
6. Reaksiyaning issiqlik effekti bilan uning entalpiyasi orasida qanday bog'lanish bor?
7. Gess qonunining 5 ta oqibati ma'lum, ulardan qaysilarini bilasiz?
8. Amalda Gess qonuni qayerlarda qo'llaniladi?
9. Birinchi xil abadiy dvigatel nima?

### III BOB. TERMODINAMIK JARAYONLAR

Termodinamikaning birinchi qonuni termodinamik jarayonning energetik balansini tuzishga imkon beradi, ya'ni izolatsiyalangan sistemada energiyaning umumiy zaxirasi o'zgarmas ekanligini ko'rsatadi. Lekin bu qonun energiyaning uzatilish yo'nalishi, termodinamik jarayonining sodir bo'lish ehtimolligi va yo'nalishi haqida hech qanday ma'lumot bermaydi. Tabiatda sodir bo'ladigan va ishlab chiqarishda amalga oshiriladigan jarayonlar faqat ma'lum yo'nalishdagina o'z-o'zicha bormaydi.

Masalan, eritma o'z-o'zicha hosil bo'ladi, lekin tashkil etuvchi komponentlariga o'z-o'zicha ajralmaydi. Issiqlik energiyasi faqat issiq jismdan sovuq jismga o'z-o'zicha o'tadi. Elektr energiyasi yuqori potentsialli joydan past potentsialli joyga o'z-o'zicha oqib tushadi. Boshqacha aytganda, energiya intensivlik omili kichikroq joyga o'z-o'zicha uzatiladi.

**Qaytar va qaytmas jarayonlar.** Agar sistema bir muvozanat holatidan ikkinchi holatga uzluksiz oraliq muvozanat holatlari orqali juda sekin o'tsa, bunday o'zgarish *qaytar jarayon* deyiladi. Bunda ikki muvozanat holat orasida holat parametrlari juda kam o'zgaradi va holat parametrlarini juda kam o'zgartirish yo'li bilan sistemaning avvalgi muvozanat holatiga qaytarish mumkin.

Qaytar jarayonlarga qattiq moddalarning suyuqlanishini suyuqliklarning bug'lanishi, kimyoviy birikmalarning dissotsiylanishi va boshqalarni misol qilib keltirish mumkin. To'yingan eritmani kristallarga tushurishni amalda qaytar jarayon deb qarash mumkin, bunda bosim va haroratning salgina o'zgarishi ham hosil bo'lishi yoki kondensatsiylanishiga va, demak, moddaning cho'kishiga sabab bo'ladi. Qaytar jarayonlardagi muvozanat qaror topadi. Shuningdek, har qanday jarayon muvozanatga keladi. Qaytar jarayonlar o'z-o'zicha sodir bo'lmaydi.

Ularni amalga oshirish uchun tashqaridan energiya sarflash kerak. Qaytmas jarayonlarda muvozanat qaror topmaydi. Masalan, issiqlikning qaynoq jismdan sovuqroq jismga o'tishi o'ta sovutilgan suyuqlikning kristallanishi yoki o'ta qizdirilgan suyuqlikning bug'lanishi gazlar yoki suyuqliklarning o'zaro diffuziyalanishi va boshqalar.

Qaytar va qaytmas jarayonlarni xarakterlash uchun termodinamikada ko'p qo'llaniladigan intensivlik omili va sig'im omili tushunchalariga to'xtalib o'tamiz. Intensivlik faktori ayni turdagi energiyaning kuchlanishini boshqacha aytganda potensialini bildiradi. Masalan elektr energiyaning intensivlik omili bosim, harorat esa issiqlikning intensivlik omilidir. Energiyaning miqdorini bildiradigan sig'im omiliga elektr miqdori hajmiy energiyada moddaning hajmi, issiqlik uchun issiqlik sig'imi kiradi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra izolatsiyalangan sistemalarda o'z-o'zicha boradigan jarayonlarning energiyaning yuqori darajadan past darajaga o'tish yo'nalishidagina borishi mumkin va jarayon sistemaning barcha qismlarida energiya tenglashgunga qadar davom etadi. Ikkinchi qonunga shunday ta'rif berish mumkin: Har qanday sistema energiyaning intensivlik tenglashadigan muvozanat holatiga kelishiga harakat qiladi. Bu qoidani issiqlikka tatbiq etsak, shunday ifodalaniladi: issiqlik sovuq jismdan issiq jismga o'z-o'zicha o'tishi mumkin emas.

Har qanday energiyaning miqdori intensivlik omilining sig'im omiliga ko'paytmasiga teng. Elektr energiyasi potensialining elektr miqdorining ko'paytmasiga, hajmiy energiya potensialining elektr miqdoriga ko'paytmasiga, issiqlik miqdori esa jism issiqlik sig'imining harorat ko'paytmasiga teng. Sistemaning ayrim qismlarida energiyaning intensivlik omili turlicha bo'lgandagina bu sistema jarayoni o'z-o'zicha boradi.

Ma'lumki, sistema ehtimolligi kamroq bo'lgan holatda o'z-o'zicha o'tishga harakat qiladi. L. Bolsman entropiya  $S$  sistema holati termodinamik ehtimolligi ( $W$ ) ning logarifmiga mutanosib bo'lishini ko'rsatadi.



$$S = K \ln W$$

bunda  $K$  Bolsmon doimiysi ( $K = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-16} \frac{\text{erg}}{\text{grad}}$ , bunda  $R$

Universal gaz doimiysi,  $N_A$  – Avogadro soni).

Statistik termodinamikaga ko'ra entropiya sistemadagi molekularlarning tartibsizlik o'lchovidir. Molekulalarning issiqlik harakati qancha yuqori darajada bo'lsa, sistemaning entropiya qiymati ham shuncha katta bo'ladi.

Shunday qilib, termodinamikaning ikkinchi qonuniga quyidagicha ta'rif berish mumkin: izolatsiyalangan sistemaning entropiyasi qaytmas jarayonlarda ortib boradi, qaytar jarayonlarda o'zgarmasdan qoladi. Lekin u hech qachon kamaymaydi.

**Termodinamik potentsiallar.** Qaytar jarayonda berilgan sharoitlarda sistema bajargan ishni hisoblab topishga yordam beradigan sistemaning holatini aniqlovchi o'zgaruvchilar asosida olingan funksiyalar termodinamik potentsiallar deyiladi.

Termodinamik potentsiallar holat funksiyalaridir, ya'ni ularning o'zgarishi faqat boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq lekin o'tilgan yo'lga bog'liq emas. Qaysi funksiya termodinamik potentsial rolini o'ynashi sistema qanday sharoitda ekanligiga qarab belgilanadi. Termodinamik potentsiallar jumlasiga izoxoro-izotermik potentsial  $F$ , izobara-izotermik potentsial  $Z$ , ichki energiya  $U$  va entalpiya  $H$  kiradi. Amalda izoxoro-izotermik va izobaro-izotermik potentsiallar ko'p qo'llanilgani uchun biz shularning o'zgarishlarini batafsilroq ko'rib chiqamiz.

O'zgarmas harorat va hajmda boradigan jarayonlar uchun termodinamika ikkala qonunining birlashtirilgan ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$A \leq T(S_2 - S_1) - (U_2 - U_1)$$

yoki

$$A \leq T(U_2 - TS_1) - (U_1 - TS_1)$$

bunda ham tenglik ishorasi qaytar jarayonga taalluqli va maksimal ish  $A$  ni ko'rsatadi. Funksiya  $U-TS$  ichki izoxoro-izotermik potensial deyiladi va  $F$  harfi bilan belgilandi:

$$F = U - TS .$$

$F$  ichki energiya bilan bog'langan energiya ( $TS$ ) ning ayrimasiga tengligi sababli **erkin energiya** ham deyiladi.

Yuqoridagi formulaga ko'ra izotermik jarayonda bajarilgan maksimal ish

$$A = -\Delta F .$$

O'zgarmas harorat va bosimdagi sistemalar uchun termodinamik potensial  $\sigma$  bilan ifodalaniladi va **izobaro-izotermik potensial** deyiladi:

$$\sigma = U - TS + pV .$$

Bu potensialning o'zgarishi ham sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatlarigagina bog'liq, ya'ni

$$\Delta G = \sigma_2 - \sigma_1 .$$

Izobaro-izotermik jarayonlarda bajarilgan maksimal ish shu potensialning o'zgarishiga teng:

$$A^I = -\Delta \sigma .$$

Ikkala potensialning ifodasida entropiya minus ishorali bo'lgani uchun qaytmas jarayonlarda potensiallarning qiymati ortmaydi. Balki kamaydi va minimumga intiladi. Boshqacha aytganda, izobaro-izotermik jarayonlar izobar potensial  $\sigma$  ning kamayish yo'na - lishidagina o'z-o'zicha borishi mumkin. Jarayonning o'z-o'zicha borish chegarasi, ya'ni muvozanat sharti potensialning minimal qiymatiga yetishidan iborat bo'ladi. Izoxoro-izotermik jarayonlar uchun tegishli shart-sharoitlar izoxor potensial  $F$  ning o'zgarishi orqali ifodalaniladi.

### III.1. Erkin va bog‘langan energiya

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq, jismdagi ichki energiyaning bir qismi ishga aylanadi, jism energiyasining o‘zgarish haroratda ishga aylanishi mumkin bo‘lgan qismi uning erkin energiyasi, ishga aylana olmaydigan qismi esa bog‘langan energiya deyiladi.

Har qanday sistema umumiy energiyasining o‘zgarish haroratda foydali ishga aylana oladigan qismi ( $F$ ) **erkin energiya** deyiladi.

O‘z-o‘zicha boradigan jarayonlardagi energiya yuqori erkin energiya deyiladi. O‘z-o‘zicha boradigan jarayonlarda energiya yuqori potentsialli holatga o‘tganligi sababli bunday jarayonlarda erkin energiyaning o‘zgarishi  $F$  manfiy qiymatga ega bo‘ladi:

$$\Delta F < 0.$$

Bundan quyidagicha xulosa chiqarish mumkin: sistemaning erkin energiyasi berilgan sharoitda minimal qiymatga ega bo‘lgandagina sistema barqaror muvozzat holatida turishi mumkin. Demak, erkin energiya kamayadi.

O‘z-o‘zicha bormaydigan jarayonlarni amalga oshirish uchun tashqaridan energiya sarflash kerak. Ana shu energiya sistema ichki energiyasining ortishiga sarflandi, bunda

$$\delta F > 0$$

Demak, erkin energiyaning ortishi bilan boradigan jarayonlar o‘z-o‘zicha sodir bo‘lmaydi.

Ichki energiyaning hech qanday sharoitda foydali ishga aylantirib bo‘lmaydigan va faqat issiqlikka aylanib, tarqalib ketishi mumkin bo‘lgan qismi ( $G$ ) bog‘langan energiya deyiladi. Bog‘langan energiya entropiya o‘zgarishining absolut haroratga ko‘paytmasi ( $TdS$ ) sifatida topiladi.

Har qanday sistemada erkin energiya potensial energiya sifatida bo‘ladi. Sistemaning erkin energiyasi qancha ko‘p bo‘lsa, u shun-

cha ko'p ish bajaradi. Masalan, siyraklashtirilgan gazda shu haroratdagi siqilgan gaznikiga qaraganda erkin energiya kam, bog'langan energiya ko'p bo'ladi. Demak, siyraklashtirilgan gaz siqilgan gazga nisbatan kam ish bajaradi.

### III.2. Termodinamikaning II qonuni

Termodinamikaning birinchi qonuni tabiatdagi jarayonlarning yo'nalishini aniqlab bermaydi. Masalan, ma'lum tezlik bilan harakatlanayotgan mashinaning kinetik energiyasi tormozlanish natijasida issiqlikka aylanadi va atrof-muhitga sochiladi. Mana shu sochilgan energiya o'z-o'zidan yig'ilib, mashinaning kinetik energiyasiga aylanmaydi.

Tajribalardan ma'lumki, issiqlik o'z-o'zidan hamma vaqt issiq jismdan sovuqroq jismga o'tadi, ammo teskari jarayon o'z-o'zidan amalga oshmaydi. Mana shunday jarayonlar termodinamikaning birinchi qonuniga zid emas, chunki bunda issiqlik va ish o'rtasida ma'lum bir munosabat bajariladi. Masalan, birdan-bir natijasi biror jismdan olingan issiqlikni unga ekvivalent bo'lgan ishga aylantiradigan jarayon termodinamika birinchi qonuniga zid emas.

Yuqorida keltirilgan va boshqa ko'p tajriba natijalariga asoslanib quyidagi xulosaga kelamiz, ya'ni abadiy ishlaydigan mashinaning ikkinchi turini vujudga keltirib bo'lmaydi. Buni ko'pincha **termodinamikaning ikkinchi qonuni** deb ham yuritiladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni tabiatda bo'layotgan jarayonlarning o'tish yo'nalishini va tavsifini aniqlab beradi.

Endi bir-biriga ekvivalent bo'lgan termodinamika ikkinchi qonunining har xil ta'riflarini keltiramiz:

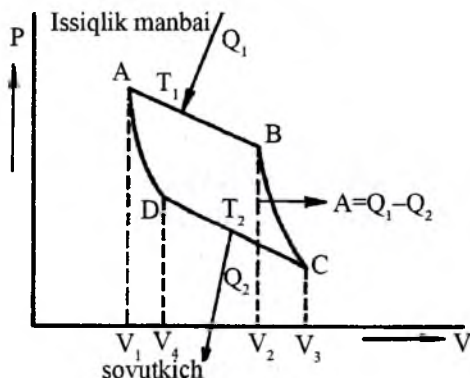
**1. Plank ta'rifi:** «Birdan-bir natijasi issiqlikni ishga aylantiradigan davriy jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi».

Buni quyidagicha tushuntirish mumkin. Faraz qilaylik,  $T$ , haroratda isitkich va mashinaning silindirida ishchi jism (gaz) berilgan bo'lsin (9-rasm). Ishchi jismga isitkich bergan  $Q_1$  issiqlik hisobiga  $A$  ish bajariladi, ya'ni  $Q_1$  issiqlikning hammasi  $A$  ishga sarf bo'ladi.

Plank ta'rifiga binoan yuqorida aytilgan jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi. Ishchi jism isitkichdan olgan issiqlik  $Q_1$  ni faqat bir qismini ishga aylantiradigan va qolgan qismini ( $Q_2$ ) sovutkichga uzatadigan davriy jarayonni amalga oshirish mumkin. Bu real jarayonda  $Q_2$  issiqlik miqdori ishchi jismning siqilish jarayonida, ya'ni ishchi jism boshlang'ich holatiga qaytishida pastroq haroratda  $T_1 > T_2$  bo'lgan sovutkichga uzatadi.  $Q_2$  issiqlik miqdorining qiymati yetarli darajada katta bo'lgani uchun issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

hamma vaqt birdan kichik.



9-rasm. Issiqlikning ishchi jism orqali ishga aylanishi

**2. Karno ta'rif.** «Ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti (F I K) isitkich va sovutkich haroratlari farqi bilan aniqlaniladi». Karno sikli bo'yicha ishlayotgan issiqlik mashinasining F I K,

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

bu munosabat ham termodinamikaning ikkinchi qonunini ifodalaydi.

**3. Klauzius ta’rifi.** «Issiqlik sovuqroq jismdan issiqroq bo‘lgan jisimga o‘z-o‘zidan o‘tmaydi». Buni amalga oshirish uchun tashqi manba ish bajarishi kerak. Issiqlik miqdori hamma vaqt issiqroq jismdan sovuqroq jisimga o‘z-o‘zidan o‘tadi. Klauzius ta’rifi ham jarayonning yo‘nalishini ko‘rsatadi.

**4. Kelvin (Uilyam Tomson) ta’rifi:** «Issiqlikni biror rezervuardan (issiqlik manbayidan) olib, uni sovutgichsiz, ekvivalent miqdor ishga aylantiradigan mashinani aylanma jarayon yordamida tuzish mumkin emas. Masalan, Yer yuzidagi okeanlarda suv miqdori juda ko‘p, agar shu suv havzasidan issiqlikni olish yo‘li bilan u ning haroratini  $0,1\text{ K}$  pasaytira olsak, unda yer sharidagi mashina va dastgohlarni 1500 yil davomida harakatga keltirish mumkin. Bunday mashinalar abadiy ishlaydigan mashinalarning ikkinchi turiga ekvivalent.

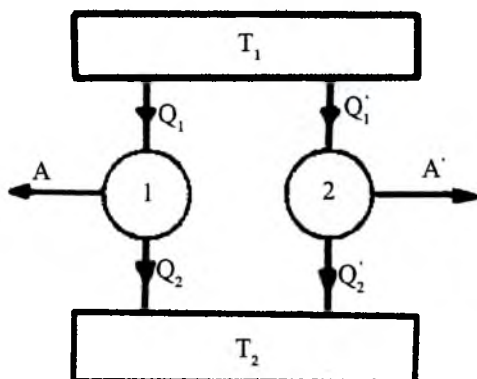
Lekin abadiy ishlaydigan mashinalarning ikkinchi turi termodinamikaning ikkinchi qonuniga to‘g‘ri kelmaydi. Shuning uchun abadiy ishlaydigan mashinaning ikkinchi turini qurib bo‘lmaydi. Juda ko‘p yillar davomida muhandislar tomonidan abadiy ishlaydigan mashinalarning birinchi va ikkinchi turining loyihalari tavsiya etilgan va qurishga kirishishgan, lekin bu mashinalarning g‘oyalari termodinamika birinchi va ikkinchi qonuniga zid kelganligi uchun abadiy mashinalar ishlanmagan.

### III.3. Karno sikli

Karno siklini tushuntirishda ishchi jism sifatida nafaqat ideal gaz, balki boshqa elastik moddadan ham foydalanish mumkin. Karno sikli quyidagicha asoslangan: Karno siklida ishlayotgan issiqlik majmuasi  $F I K$  mashinada ishlatilgan ishchi jisimga bog‘liq bo‘lmaydi.

Umumiy harorati  $T_1$  issiqlik beruvchi va harorati  $T_2$  bo‘lgan issiqlik qabul qiluvchi harakatlarga ega bo‘lgan va Karno siklida ish-

layotgan ikkita bir-biriga biriktirilgan mashinalarni ko'rib chiqamiz (10-rasm).



10-rasm. Karno siklining sxemalik ko'rinishi

Birinchi mashinada ishchi jism sifatida ideal gaz, ikkinchi mashinada esa har qanday elastik modda. Birinchi mashina issiqlik beruvchi mashinadan  $Q_1$  issiqlik miqdori qabul qilib,  $A$  ish bajaradi va issiqlik qabul qiluvchiga  $Q_2$  issiqlik miqdori beradi. Qaralayotgan jarayonni quyidagi shartga bo'ysunadi deb, ya'ni mashinalar issiqlik beruvchidan bir xil issiqlik miqdori qabul qiladi:

$$Q_1 = Q_1'$$

Agar mashinalar bir xil ish bajarsa ( $A = A'$ ), u holda termodinamika I qonuniga asosan  $Q_2 = Q_2'$ , mashinalarning foydali ish koeffitsiyenti (F I K) ham bir xil  $\eta = \eta'$ . Agar birinchi mashina F I K ikkinchisidan katta bo'lsa, (1) shartni qanoatlantirgan holda

$$\eta > \eta'$$

u holda,

$$A > A'$$

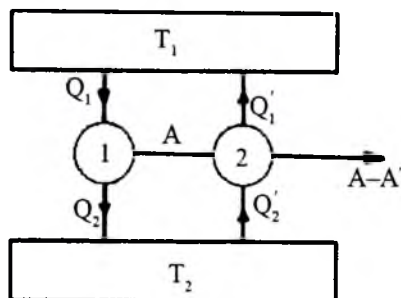
va

$$Q_2' > Q_2.$$

Ikkinchi mashina issiqlik qabul qiluvchiga ishlatilmagan issiqlik miqdori beradi. Yuqoridagi shartni bajargan holda, ikkinchi mashinani sovitkich mashina sifatida birinchi mashina hisobidan ishlashga majbur qilamiz.

Shunday qilib, issiqlik berish holatida hech narsa o'zgarmaydi (11-rasm). Birinchi mashina  $A$  musbat ish bajaradi, ikkinchi mashina esa  $A$  dan kichik bo'lib,  $A'$  manfiy ish bajaradi.

Ikki mashina ish bajarishi natijasida qo'shimcha  $A-A'$  musbat ish bajaradi. Ikkinchi mashina isitkichdan  $Q_2'$  issiqlik miqdori oladi. Olingan  $Q_2'$  issiqlik miqdori isitkich birinchi mashinadan olayotgan  $Q_2$  issiqlik miqdoridan katta bo'ladi.  $Q_2'-Q_2$  issiqlik miqdorlari farqi  $A-A'$  ish bajarishga sarflanadi. Termodinamikaning II qonuni bo'yicha bu jarayon sodir bo'lishi mumkin emas, chunki  $F I K$ .  $\eta' \eta$  dan katta bo'lmaydi,  $\eta > \eta'$ .



11-rasm. Termodinamika II qonun bo'yicha jarayon bormasligini ko'rsatuvchi sxema.

**Entropiya** jismda qancha foydasiz energiya boligini ko'rsatuvchi kattalik bo'lib, jismning holatiga bog'liq funksiya. Jismning holati o'zgarsa, entropiya ham o'zgaradi. Qaytar jarayonlarda



(Karno siklida) uning o'zgarishi nolga teng, yani  $S = \text{const}$ ,  $\Delta S = 0$ , qaytmas jarayonlarda hamma vaqt  $\Delta S$  noldan katta:  $\Delta S > 0$ .

Karno sikli uchun

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

yoki

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

yoki

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

Olingan yoki berilgan issiqlikning shu issiqlik manbayi haroratiga nisbati  $\frac{Q}{T}$  ga **keltirilgan issiqlik** deyiladi.  $Q_1$  bilan  $Q_2$  teng

bo'lmasa ham  $\frac{Q_1}{T_1}$  va  $\frac{Q_2}{T_2}$  ning o'zaro tengligi yuqoridagi tenglama-

dan ko'rinib turibdi. Shunday qilib,  $\frac{Q}{T}$  yo'lga bog'liq emas, ya'ni

to'liq funksiyalardir.

Agar Karno sikli bir necha kichik sikllardan tashkil topgan deb faraz qilinsa, bunda birinchi siklning sovutkichi ikkinchi siklning issiqlik manbayi bo'lib, bu manba olgan issiqlik- ning hammasini

ikkinchi siklga bersa, ikkinchi siklning sovitkichi uchinchi siklning issiqilik manbayi bo'ladi va hokazo, u holda yuqoridagi tenglamani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\frac{\delta Q_1}{T_1} - \frac{\delta Q_2}{T_2} + \frac{\delta Q_2}{T_2} - \frac{\delta Q_3}{T_3} + \dots = 0$$

yoki

$$\sum \frac{\delta Q}{T} = 0$$

yoki

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$\oint$  ishorasi yopiq kontur bo'yicha olingan integralni ifodalaydi. Matematika nazariyasiga muvofiq, agar yopiq kontur bo'yicha olingan integral nolga teng bo'lsa, shunday bir funksiya borki, uning to'la differensial integral ostidagi ifodaga teng bo'ladi. Bu funksiya  $S$  bilan belgilanadi. Bu funksiyaning Klauzius entropiya deb atagan.  $S$  ning to'la differensial

$$ds = \frac{\delta Q}{T}$$

bo'ladi. Entropiya qiymati ( $\frac{J}{\text{kmol} \cdot \text{grad}}$ ) bilan ifodalanadi.

**Entropiya** ham, xuddi sistemaning ichki energiyasi singari sistemaning holat funksiyasi (to'liq funksiya) bo'lib, uning o'zgarishi faqat sistemaning dastlabki va oxirgi holatiga bog'liq, jara-yonning yo'liga bog'liq emas. Shunga ko'ra sistema I holatdan II holatga kelsa, entropiyaning o'zgarishi

$$\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = S_2 - S_1$$

bilan ifodalaniladi.

1909-yilda grek matematigi Karateodor entropiyaning haqiqatda ham mavjudligini isbotladi va termodinamikaning II bosh qonunini hech qanday farazsiz matematik usullar bilan ta'rifladi.

Entropiya moddaning miqdoriga bog'liq, demak, ekstensiv miqdordir. Entropiya additiv (yig'indi) miqdordir, ya'ni sistema entropiyasi uni tashkil etgan tarkibiy qismlar entropiyasi yig'indisiga teng. Uning o'zgarishi esa ayrim bo'laklar entropiyasi o'zgarishi yig'indisiga teng, murakkab jarayonlar entropiyasining o'zgariishi jarayonni tashkil etuvchi ayrim jarayonlar entropiyalarining o'zgarishlari yig'indisiga teng.

### III.4. Ikkinchi bosh qonunning asosiy tenglamasi

Yuqorida bayon etilganidek, entropiyaning qiymati isitkichdan olingan (yoki sovitkichga berilgan) issiqlik miqdoriga va bu jarayon qaysi haroratda borganligiga bog'liq, ya'ni  $S = \varphi(Q, T)$ . Bu bog'lanish turli jarayonlar uchun turli ko'rinishda ifodalanadi. Kar-no sikliga ko'ra qaytar jarayonlarda bu bog'lanish:

$$ds = \frac{\delta Q}{T}$$

yoki

$$\delta Q = Tds$$

shaklida ifodalaniladi.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

tenglamadan

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$$

Qaytmas jarayonlarda issiqlik manbayidan olingan issiqlikning qaytar jarayonga nisbatan kamroq qismi ishga aylanganligidan, ya'ni qaytar bo'lganligidan,

$$\left(\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}\right)_{qaytar} > \left(\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}\right)_{qaytmas}$$

$$\delta Q_{qaytar} > \delta Q_{qaytmas}$$

demak, yuqoridagi tenglamalardan har qanday qaytmas jarayon uchun:

$$ds > \frac{dQ}{T}$$

yoki

$$TdS > dQ$$

(1) va (3) tenglamalarni birlashtirib quyidagicha yozish mumkin:

$$ds \geq \frac{\delta Q}{T}$$

va

$$TdS \geq \delta Q$$

Tenglik ishorasi (=) qaytar va tengsizlik ishorasi (> <) qaytmas, o'z-o'zicha boradigan jarayonlarga mansub.

**Bu tenglamalar ikkinchi bosh qonunning asosiy tenglamasi** bo'lib, uning matematik ifodasidir. Bu tenglamaning qiymati birinchi qonunning asosiy tenglamalariga qo'yilsa, birinchi va ikkinchi bosh qonunning umumlashgan tenglamasi kelib chiqadi:

$$TdS \geq dU \pm \delta A$$

$$TdS \geq dU + PdV$$

Umuman, jarayonning bajargan ishi foydali ishdan va kengayishi mexanik ishdan iborat bo'lishi mumkin.:

$$\delta A = \delta' A + pdV$$

bunda  $A'$  – foydali ish,  $pdV$  – kengayishning mexanik ishi, yuqoridagitenglamadan:

$$\delta A \leq TdS - dU$$

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, bir xil isitkich va sovitkich orasida qaytar va qaytmas ravishda ishlaydigan mashina ishlasa, qaytar ishlovchi mashina ko'p ish bajaradi va bu ish maksimum ish –  $A_{max}$  deyiladi.

Shunga ko'ra, mashinaning F I K. ni oshirish uchun mumkin qadar qaytar tarzda ishlatishga intilish kerak.  $A$  qaytmas ishlovchi mashinaning bajargan ishi bo'lsa,

$$\alpha = \frac{A}{A_{max}} \leq 1$$

$\alpha$  – qaytarlik darajasi.  $\alpha$  qancha katta bo'lsa, qaytarlik darajasi shuncha yuqori bo'ladi va  $\alpha$  1 ga yaqinlashadi.

### III.5. Jarayonlarning yo'nalishi va muvozanat shartlari

Izolatsiyalangan sistemada jarayonning qaysi tomonga yo'nalishini va qaysi sharoitda muvozanat qaror topishini entropiyaning o'zgarishidan bilish mumkin. Izolatsiyalangan sistema atrofda energiya olmaydi va bermaydi, y'ani almashinish bo'lmaydi. Shunga ko'ra izolatsiyalangan sistemada  $U = \text{const}$ ,  $dU = 0$  va  $V = \text{const}$  bo'ladi.

$$ds \geq \frac{\delta Q}{T}$$

va

$$TdS \geq \delta Q$$

tenglamalar izolatsiyalangan sistemaga nisbatan qo'llanilsa va bu sistema  $Q = \text{const}$  ekanligi nazarda tutilsa, tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$ds \geq 0;$$

$$S_2 - S_1 \geq 0$$

Izolatsiyalangan sistemaning entropiyasi o'zgarmaydi (yoki ortadi). Qaytar jarayonlarda:

$$dS = 0$$

yoki

$$\Delta S = 0.$$

Izolatsiyalangan sistemada qaytar jarayon borganda entropiya o'zgarmaydi. Qaytmas jarayon borganda yuqoridagi tenglamaga muvofiq

$$dS > 0$$

yoki

$$\Delta S > 0$$

bo'ladi.

O'z-o'zicha boradigan barcha jarayonlar qaytmas bo'lganligidan sistemada entropiya ortadi.

Buni quyidagicha ta'riflash mumkin. Izolatsiyalangan sistemada jarayonning ikki tomonga borishi mumkin bo'lsa, faqat sistemaning entropiyasi ortadi va o'z-o'zicha boradigan jarayonlar sodir bo'ladi, ya'ni sistema entropiyasini oshiradigan jarayonlarga o'z-o'zi-

cha borishi mumkin. Agar entropiya kamaysa  $\Delta S < 0$  jarayon bormaydi. Qaytmas jarayonda entropiyaning o'zgarishini kuzataylik.  $T_A$  va  $T_B$  haroratli ikki jism –  $A$ ,  $B$  berilgan bo'lsin. Faraz qilaylik,  $A$  dan  $B$  ga  $Q$  miqdorda issiqlik o'tsin. Ma'lumki, bu jarayon qaytmas jarayon, «1» ishora sistemaning so'nggi holatini ifodalasin,  $A$  va  $B$  moddalarda entropiyaning o'zgarishi:

$$S_{A2} - S_{A1} = -\frac{Q}{T_A},$$

$$S_{B2} - S_{B1} = +\frac{Q}{T_B}.$$

Entropiyaning umumiy o'zgarishi –  $\Delta S_T$  o'zgarishlar yig'indisiga teng:

$$\Delta S = (S_{A2} - S_{A1}) + (S_{B2} - S_{B1}) = -\frac{Q}{T_A} + \frac{Q}{T_B} = \frac{Q(T_A - T_B)}{T_A T_B}.$$

Shartimiz bo'yicha  $T_A > T_B$ , demak,  $\Delta S$  noldan katta bo'ladi.

$$\begin{aligned}\Delta S &> 0 \\ (S_2 - S_1) &> 0\end{aligned}$$

Izolatsiyalangan sistemada jarayon borishi bilan uning entropiyasi ham orta boradi, shu bilan bir qatorda u muvozanat holatiga yaqinlashib boradi. Entropiya maksimal qiymatga yetganda, muvozanat qaror topadi. Shunday qilib, izolatsiyalangan sistemada boradigan jarayonlarda termodinamik muvozanat shartini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned}dS &= 0, \\ d^2S &< 0.\end{aligned}$$

Agar ish issiqlikka aylansa, II qonun bo'yicha, bu issiqlikni qaytadan to'liq ishga aylantirib bo'lmaydi, natijada energiyaning ish bajarish xususiyati pasayadi, shu ma'noda energiya qadrsizlanadi. Ikkinchi tomondan, jarayon qaytmas bo'lganligidan bu vaqtda entropiya ortadi. Shunday qilib, **entropiyaning ortishi energiyaning qadrsizlanishi o'lchovi sifatida xizmat qiladi.**

### III.6. Turli jarayonlarda entropiyaning o'zgarishi

Tabiatdagi barcha real jarayonlar qaytmas jarayonlar ekanligi yuqorida qayd qilindi. Qaytmas jarayonlarda entropiyaning o'zgarishi

$$ds \geq \frac{\delta Q}{T}$$

va

$$TdS \geq \delta Q$$

tenglamalar bilan ifodalaniladi. Lekin bu tenglamalar tengsizlik bo'lganligidan ulardan foydalanib, entropiya o'zgarishini hisoblab chiqarish mumkin emas. Ikkinchidan entropiyaning holat funksiyasi bo'lib, uning o'zgarishi jarayonning qaytar yoki qaytmas tarzda borishiga bog'liq emas, ya'ni bu ikki xil jarayonda entropiyaning o'zgarishi bir xil. Faqat  $\Delta Q_{qaytar} > Q_{qaytmas}$  va  $A_{qaytar} > A_{qaytmas}$  bo'lganidan

$$ds > \frac{dQ}{T}$$

bo'ladi. Turli jarayonlarda entropiyaning o'zgarishini hisoblashd

$$ds > \frac{\delta Q}{T}$$



yoki

$$\delta Q = TdS$$

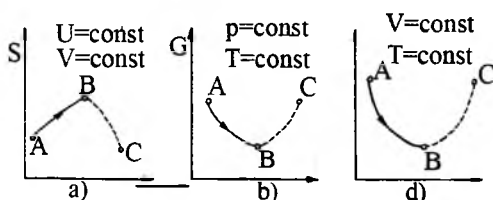
ifodadan foydalaniladi:

$$\delta Q = TdS$$

Buning uchun bu tenglamaning ikki holat uchun integrallash kerak:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

$S_1, S_2$  – entropiyaning dastlabki va so‘nggi holatidagi qiymati. Shu usuldan foydalanib, ba’zi jarayonlarda entropiyaning o‘zgarishini hisoblaymiz.



12-rasm Turli jarayonlarda entropiyaning o‘zgarishini ifodalanishi

**Izotermik jarayon** ( $T = \text{const}$ , 12-rasm). Bu xil jarayonlarga moddaning faza o‘zgarishi, ya’ni bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatga, bir kristall moddadan ikkinchisiga o‘tishi kabi jarayonlar misol bo‘ladi.

Bu jarayonlarda  $T$  turg‘un bo‘lganligidan yuqoridagi tenglamadagi  $T$  ni integralning tashqarisiga chiqarib, jarayonning yo‘nalishi ma’lum bo‘lganligidan (izotermik jarayon)

$$\delta Q \rightarrow \delta Q$$

ni olamiz.  $Q$  – to‘la funksiya xossasiga ega,  $dQ$  ni integrallash mumkin.  $AB$  o‘z-o‘zicha boruvchi,  $BC$  o‘z-o‘zicha bormaydigan qaytmas jarayonlar,  $B$  muvozanat holat

$$ds = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T_1} \int_1^2 \delta Q = \frac{Q_T}{T},$$

$$S = \frac{Q_T}{T}.$$

$Q_T$  entropiyaning issiqlik effekti (yashirin o‘tish issiqligi). Agar jarayon turg‘un bosimda borsa:

$$Q_T = \Delta H.$$

Demak,

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T},$$

$T$  – o‘tish harorati. Modda yuqori haroratli holatda bo‘lsa, uning entropiyasi katta bo‘ladi. Masalan, bir mol suvning entropiyasi bir mol muzning entropiyasidan  $22,01 \cdot 10^6 J$  ortiq.

**Isitish.** Moddalarni turg‘un bosimda (izobarik) yoki turg‘un hajmda (izoxorik) qizdirish mumkin. Turg‘un bosimda  $n$  – mol moddani  $dT$  haroratgacha qizdirish uchun ketgan issiqlik:

$$\delta Q = nC_p dT.$$

$Q$  ning bu qiymati yuqoridagi tenglamaga qo‘yilsa:

$$dS = n \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T}.$$

Bu integrallarni yechish uchun  $C_p$  ning haroratga bog‘liq holida o‘zgarishini bilish kerak. Lekin katta aniqlik talab qilinmagan-

da yoki haroratning kichik oralig'ida  $C_p = \text{const}$  deb qabul qilish mumkin: U holda:

$$\Delta S = n \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = n! p \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

bo'ladi. Shuningdek, agar jarayon izoxorik bo'lsa:

$$\Delta S = nC_v \ln \frac{T_2}{T_1}.$$

Yuqoridagi tenglamalardan ma'lum bo'lishicha qizdirilganda moddalarning entropiyasi ortar ekan. Modda holati, gazlarning harorati, hajmi va bosimi o'zgarganda entropiyasi ham o'zgaradi. Ideal gaz holatlarining o'zgarishini kuzataylik. I va II bosh qonunining muvozanat jarayonlari uchun umumlashgan tenglamasi

$$TdS \geq dU + \delta A$$

va

$$TdS \geq dU + pdV$$

dan

$$TdS = dU + pdV$$

yoki

$$ds = \frac{dU}{T} + \frac{p}{T} dV$$

lardan foydalanamiz.

$$dU = nCVdT$$

$$p = \frac{nRT}{V}$$

qiymat yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa, ideal gazlar uchun quyidagicha bo'ladi:

$$ds = nC_v \frac{dT}{T} + \frac{nR}{V} dV,$$

bunda  $C_v = \text{const}$ , ya'ni  $C_v$  haroratga qarab o'zgarmaydi deb faraz qilib, tenglama integrallansa,

$$\Delta S = S_2 - S_1 = nC_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

hosil bo'ladi. Agar  $T_1 = T_2$  bo'lsa, ya'ni gazning  $V_1$  dan  $V_2$  gacha kengayishi izotermik borsa,

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = 0$$

bo'lganligidan,

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Demak, gaz kengayganda uning entropiyasi ortar ekan. Ikki holat tenglamalari  $p_1 V_1 = RT_1$  va  $p_2 V_2 = RT_2$  dan ideal gazlar uchun

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2 p_1}{T_1 p_2}$$

bo'lganligidan,  $\frac{V_2}{V_1}$  ning qiymati yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa,

$$\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

Agar  $T_2 = T_1$  bo'lsa,

$$\Delta S = nR \ln \frac{P_1}{P_2}$$

bo'ladi. Demak, gazning bosimi ortishi bilan uning entropiyasi kamayar ekan. Ideal gazlar qonuniga muvofiq,

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

va  $\frac{T_2}{T_1}$  ning bu qiymati yuqoridagi tenglmaga qo'yilsa:

$$\Delta S = nC_V \ln \frac{P_2}{P_1} + nC_P \ln \frac{V_2}{V_1}$$

**Gazlarning aralashishi – diffuziya.** Ikki xil gaz chegara sirt bilan ajralgan bo'lsin, birinchi gazdan  $n_1$  mol (hajmi  $V_1$ ) va ikkinchisidan  $n_2$  mol (hajmi  $V_2$ ) olaylik. Chegara sirdagi teshik orqali gazlar bir-birida diffuziyalansin. Ma'lum vaqt o'tgandan so'ng butun hajmda ( $V_1 + V_2$ ) ikkala gaz bir tekisda taqsimlansin. Bu jarayon turg'un harorat va turg'un bosimda borsin. Bu jarayon natijasida birinchi gaz  $V_1$  dan ( $V_1 + V_2$ ) gacha, ikkinchi gaz esa  $V_2$  dan ( $V_1 + V_2$ ) gacha kengayadi. Yuqoridagi tenglamaga muvofiq birinchi gaz entropiyasining o'zgarishi:

$$\Delta S_1 = n_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1}$$

Ikkinchi gaz entropiyasining o'zgarishi:

$$\Delta S_2 = n_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1}$$

Entropiyaning umumiy o'zgarishi:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = n_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + n_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2}.$$

Agar  $N_1$ ,  $N_2$  gazlarning mol nisbatlari bo'lsa va

$$N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

va

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

bu qiymatlar yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa,

$$\Delta S = -R(n_1 \ln N_1 + n_2 \ln N_2)$$

Agar entropiyaning o'zgarishi bir mol gazlar aralashmasidan hosil bo'lgan gazlar aralashmasiga nisbatan hisoblansa:

$$\Delta S = -R\left(\frac{n_1}{n_1 + n_2} \ln N_1 + \frac{n_2}{n_1 + n_2} \ln N_2\right)$$

yoki

$$\Delta S = -R(N_1 \ln N_1 + N_2 \ln N_2).$$

Bu jarayonda sistema entropiyasining ortishi yuqoridagi tenglamalardan ko'rinib turibdi.

### Savol va topshiriqlar

1. Termodinamikaning ikkinchi qonuni qanday ta'riflanadi?
2. Entropiya nima? Modda suyuqlantirilganda harorat o'zgar-

*may qolsa ham sistemaning entropiyasi nima uchun ortadi?*

*3. Erkin va bog'langan energiya haqida nimalarni bilasiz?*

*4. Karno siklini tushuntirib bering.*

*5. Entropiya va uning o'zgarishini tushuntirib bering.*

*6. Qaytar va qaytmas jarayonlar haqida bilasizmi?*

*7. Qaytar jarayonlarda termodinamika qonunlarining tatbiq etilishini tushuntirib bering.*

*8. Termodinamika II qonuniga berilgan ta'riflarni aytib bering.*

*9. Kelvin ta'rifini tushuntirib bering.*

## IV BOB. GIBBS VA GELMGOLS ENERGIYASI

Izolatsiyalangan sistemada jarayonning yoʻnalishi va muvozanatning qaror topish shartlarini entropiya qiymatlarining oʻzgarishi ifodalaydi. Izolatsiyalanmagan sistemada turgʻun haroratda boradigan jarayonlarda bu vazifani Gibbs energiyasi va Gelmgols energiyasi bajaradi. Bu ikkala funksiya 1960-yilgacha izotermik potentsiallar deb, Gelmgols energiyasi izoxorik potentsial yoki erkin energiya, Gibbs energiyasi-izobarik potentsial yoki termodinamik potentsial deb yuritiladi. Hozir ham «izotermik potentsial» atamasi ishlatilib turiladi. Gelmgols va Gibbs energiyalari holat funksiyasi, yaʼni toʻliq funksiya boʻlganligidan Gelmgols funksiyasi, Gibbs funksiyasi deb ham ataladi.

Koʻp jarayonlar izotermik-izoxorik ravishda-turgʻun harorat va turgʻun hajmda ( $T = \text{Const}$ ,  $V = \text{Const}$ ) yoki izotermik-izobarik ravishda turgʻun harorat va turgʻun bosimda ( $T = \text{const}$ ,  $p = \text{const}$ ) boradi. Shunga koʻra, izotermik-izoxorik jarayonlarda Gelmgols energiyasi (funktsiyasi), izotermik-izobarik jarayonlarda Gibbs energiyasi (funktsiyasi) qoʻllaniladi. Gelmgols energiyasi, odatda,  $F$  harfi bilan belgilanadi. Gibbs energiyasi  $G$  harfi bilan belgilanadi.

Izotermik-izoxorik jarayonlarda uning yoʻnalishini va muvozanat shartini Gelmgols energiyasi qiymati, izotermik-izobarik jarayonlarda Gibbs energiyasi qiymati oʻzgarishini ifodalaydi.

**Gelmgols funksiyasi.** Izotermik-izoxorik jarayonlarga I va II qonunlarning birlashgan tenglamasini tatbiq etamiz.:

$$TdS \geq dU + \delta A$$

yoki

$$\delta A \leq TdS - dU.$$



Sistema I holatdan II holatga o'tganda, bu funksiyalar qiymatining o'zgarishini aniqlash uchun yuqoridagi ifodani  $T = \text{Const}$  holda integrallash kerak:

$$A \leq T(S_2 - S_1) - (U_2 - U_1)$$

yoki

$$A \leq T(U_1 - TS_2) - (U_2 - TS_2).$$

Agar

$$F = U - TS$$

deb qabul qilinsa:

$$A \leq F_1 - F_2 = \Delta F$$

$F$  – Gelmgols funksiya.

Shunday qilib, izotermik-izoxorik jarayonda bajarilgan ish Gelmgols funksiyaning kamayishiga teng yoki undan kichik bo'ladi. Agar jarayon qaytar bo'lsa, maksimal ish  $A_{\max}$  bajariladi va u Gelmgols funksiyaning kamayishiga teng bo'ladi:

$$A_{\max} = -\Delta F.$$

Agar jarayon qaytar bo'lmasa, bajarilgan ish Gelmgols funksiyaning kamayishidan kam bo'ladi:

$$A < -\Delta F.$$

Yuqoridagi tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$U = F + TS$$

Sistemaning ichki energiyasini ikki energiya yig'indisidan – Gelmgols funksiya  $F$  va bog'langan energiya  $TS$  dan iborat deb qarash mumkin. Yuqoridagi tenglamalardan,

$$A = -\Delta F = -\Delta(U - TS).$$

Bu tenglamaga muvofiq,  $F$  ichki energiyaning ishga aylanishi mumkin bo'lgan,  $TS$  ishga aylanishi mumkin bo'lmagan qismidir va u faqat issiqlikka aylanadi. Agar sistemaga tashqaridan faqat bosim ta'sir etayotgan bo'lsa:

$$\delta A = pdV.$$

Bu vaqtda,

$$TdS \geq dU + pdV.$$

Bundan,

$$dU \leq TdS - pdV.$$

Ikkinchi tomondan,

$$F = U - TS.$$

Bu tenglamalar differensiallansa,

$$dF \leq dU - SdT - TdS.$$

Bu tenglamaga yuqoridagi tenglamadan  $dU$  ning qiymati olib qo'yilsa,

$$dF < -SdT - pdV.$$

Qaytar jarayon uchun,

$$dF = -SdT - pdV.$$

Demak,

$$\left( \frac{dF}{dT} \right)_V = -S$$

$$\left( \frac{dF}{dV} \right)_T = -p$$

va izotermik-izoxorik sharoitda ( $T = \text{const}$ ,  $V = \text{const}$ )  $dT = 0$ ,  $dV = 0$  bo'lganligidan,

$$dF = 0$$

izoxorik va qaytmas jarayonlar uchun,

$$dF < -SdT - pdV$$

izotermik-izoxorik sharoitda,

$$dF < 0.$$

Umuman,

$$dF \leq 0.$$

Bundan ma'lumki, turg'un harorat va turg'un hajmda qaytar jarayon borganda Gelmgols funksiyasining qiymati o'zgarmaydi – qaytmas o'z-o'zicha boradigan jarayon sodir bo'lganda Gelmgols funksiyasining qiymati kamayadi, ya'ni bu sharoitda jarayon Gelmgols funksiyasi kamayadigan yo'nalishda boradi. Gelmgols funksiyaning qiymati minimumga yetganda, muvozanat qaror topadi. Demak, muvozanat shartining matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$dF = 0,$$

$$dF > 0.$$

**Gibbs funksiyasi.** Turg'un harorat va turg'un bosimda boradigan jarayonlarning yo'nalishini va muvozanat shartini Gibbs funksiyasi ( $G$ ) qiymatining o'zgarishi ifodalaydi. Kengayish va mexanik ish bilan bir qatorda, ishning boshqa xillari ham hisobga olinganda umumiy bajarilgan ish:

$$\delta A = \delta A' + pdV$$

$A$  – foydali ish. Ishning bu qiymati

$$TdS \geq dU + \delta A$$

$$TdS \geq dU + pdV$$

tenglamaga qo'yilsa,

$$\delta A' \leq TdS - dU - pdV$$

va bu tenglama integrallansa,

$$A' \leq T(S_2 - S_1) - (U_2 - U_1) - p(V_2 - V_1)$$

yoki

$$A' \leq (U_1 - TS_1 + pV_1) - (U_2 - TS_2 + pV_2).$$

Agar,

$$G = U - TS + pV$$

deb belgilasak,  $G$  – Gibbs energiyasi bo'ladi. Yuqoridagi tenglamadan,

$$A' \leq -\Delta G.$$

Izotermik-izobarik sharoitda boradigan qaytar jarayon uchun

$$A_{\max} = -\Delta G$$

kelib chiqadi. Bunda maksimal foydali ish Gibbs funksiyasining kamayishiga teng. Gibbs funksiyasi ta'rifiga muvofiq:

$$G = U - pV + TS = H - TS = F + pV.$$

Demak, yuqoridagi tenglamadan,

$$H = G + TS$$

kelib chiqadi.

Bu tenglamadan  $G$  – izotermik-izobarik jarayonlarda sistema energiyasi zaxirasining ishga aylanishi mumkin bo'lgan qismi.

Agar bu tenglama differensiallansa,

$$dG = dU - TdS - SdT + pdV + Vdp.$$

Demak,  $TdS \geq dU + \delta A$ ,  $TdS \geq dU + pdV$  tenglamalarga muvofiq,  $dU \leq SdT - PdV$  ekanligi e'tiborga olinsa va  $dU$  ning qiymati yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa:

$$dG \leq -SdT + Vdp.$$

Qaytar jarayon uchun:

$$dG = -SdT + Vdp.$$

Qaytmas jarayon uchun:

$$dG < -SdT + Vdp.$$

Agar jarayon izotermik-izobarik ravishda borsa,

$$dT = 0,$$

$$dP = 0$$

bo'ladi va yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$dG \leq 0.$$

Demak, o'z-o'zicha boradigan jarayonlarda Gibbs funksiyasining qiymati kamayadi, ya'ni jarayon Gibbs funksiyasining kamayishi tomon boradi. Gibbs funksiyasi minimum qiymatga ega bo'lganda, muvozanat qaror topadi. Termodinamik muvozanatning shartiga ko'ra

$$dU - TdS = -pdV$$

Demak, sistemaning muvozanat holatida termodinamik potensial va erkin energiya **minimum qiymat** oladi. Izoxorik va izotermik jarayonlarda esa

$$dF = dU - TdS - SdT = -pdV - SdT = 0.$$

Erkin energiya, entropiya va ichki energiya termodinamik potentsiallar hisoblanadi. Bu shundan kelib chiqadiki, muvoznatlashgan jarayonlarda (izobarik, izoxorik va h. k.) ularda ayrim sistema parametrlari o'zgarmas saqlanadi va termodinamik potentsialning kamayishi sistema tomonidan bajarilgan ishga teng bo'ladi.

Yuqoridagi tenglamalarni differensiallashtirish yo'li bilan muhim munosabatlarni olish mumkin. Haqiqatan ham,

$$dF = -PdV - SdT$$

dan

$$\left( \frac{dF}{dT} \right)_V = -S$$

$$\left( \frac{dF}{dV} \right)_T = -p$$

$$dZ = -SdT + Vdp$$

$$\left( \frac{dZ}{dT} \right)_p = -S$$

dan esa

$$\left( \frac{dZ}{dp} \right)_T = V$$

$$dH = dU + dVP + VdP = TdS + VdP$$

ekanligidan

$$\left( \frac{dH}{dS} \right)_P = T,$$

$$\left( \frac{dH}{dp} \right)_S = V$$

Termodinamikaning asosiy tenglamasi

$$TdS = dU + PdV$$

dan quyidagini olamiz:

$$\left( \frac{dU}{dS} \right)_V = T,$$

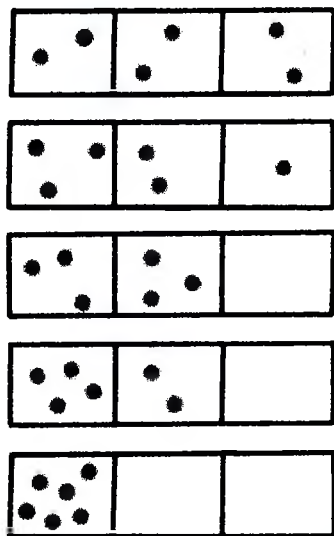
$$\left( \frac{dU}{dV} \right)_S = -P.$$

#### IV .I. Termodinamik entimollik va entropiya

Molekulalarning issiqlik harakati boshqa harakat shakllaridan (xaotikligi, ya'ni tartibsizligi bilan) farq qiladi. Molekulalarning issiqlik harakatini xarakterlash uchun maxsus molekular tartibsizlik darajasining miqdor o'lchovini kiritish kerak.

Masalan, biror gaz molekulalarining hajmi bo'yicha taqsimotini ko'rsak, gazning har xil mikroskopik holatlari har xil ehtimollikka ega ekanligini aniqlashi mumkin.

Umuman, gazning mikroskopik holati bu bir-biriga yaqin bo'lgan mikroskopik holatlarni almashinishi bilan ifodalaniladi. Bu mikroskopik holatlar bir-biridan hajmining har xil qismida molekulalarning taqsimoti va har xil molekulalar o'rtasida energiya taqsimoti bilan farq qiladi. Mana shu bir-birini uzluksiz almashtirayotgan mikroholatlar soni ( $W$ ) butun sistema makroskopik holatining tartibsizlik darajasini xarakterlaydi.



13-rasm. Zarralarning  
mikrotaqsimlanishi.

Bolsman statistikasida molekularlar issiqlik harakati tartibsizlik darajasini tavsiflovchi funksiya sifatida entropiyani olish tavsiya etilgan. Bolsman entropiya  $S$  va termodinamik ehtimollik  $W$  ni quyidagicha munosabat orqali bogʻladi:

$$S = k \ln W + \text{const.}$$

Demak, entropiya holat ehtimolligi logarifmga mutanosib ekan, bu yerda  $k$  – Bolsman doimiysi. Buni quyidagi orqali tushuntiramiz: bizga idish berilgan boʻlsin va u xayolan bir necha boʻlakchalarga ajratilgan boʻlsin. Idishda  $n$  ta zarracha boʻlib, xaotik harakatlanishi natijasida idish boʻlakchlariga u yoki bu tartib bilan joylashib, alohida makrotaqsimlanish hosil qiladi.

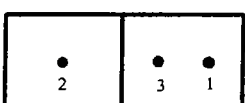
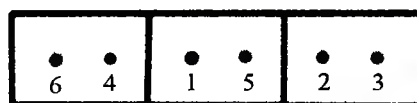
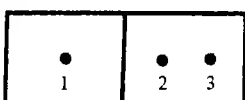
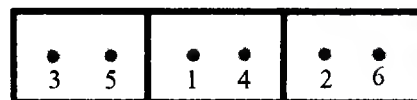
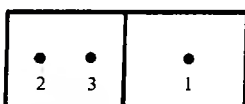
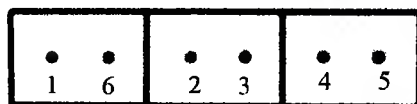
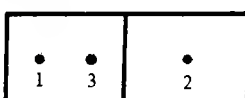
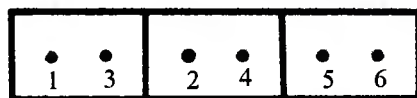
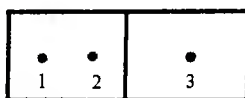
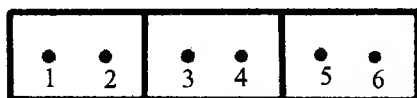
Faraz qilaylik, idish 3 ta boʻlakchadan iborat boʻlib, unda 6 ta zarracha boʻlsin (13-rasm). Bu rasmda zarralarning bir nechta makrotaqsimlanishi koʻrsatilgan. Agar oltita zarrani har birini raqamlab

Statistik fizikada  $W$  kattalik berilgan **makroholatning termodinamik ehtimolligi** deyiladi. Termodinamik ehtimollik kattaligi **entropiya** bilan bogʻlangan, chunki bu ikkala kattalik muvozanat holatga eng katta qiyamatga ega boʻladi, har qanday termodinamik sistemaning muvozanat holatiga oʻtishi entropiyaning ham, termodinamik ehtimollikning ham ortishiga olib keladi.

Sistemaning tartibsizlik darajasi bilan uning entropiyasi oʻrtasida oʻxshashlik bor. Shuning uchun



chiqsak, u holda har qanday makrotaqsimlanish, masalan,  $a$  taqsimlanish mikrotaqsimlanishning yonida bo‘ladi.



14-rasm. Zarralarning makrotaqsimlanishi.

15-rasm. Zarralarning ikki mikro holatda joylashishi.

14-rasmda  $a$  makrotaqsimlanishni berishi mumkin bo‘lgan bir nechta mikrotaqsimlanishlar tasvirlangan. 14-rasmda tasvirlangan barcha mikrotaqsimlanishlar faqat bitta makrotaqsimlanish  $a$  ni beradi, chunki makrotaqsimlanish idish alohida bo‘laklaridagi zarralar soni bilan aniqlanadi, zarra raqamlari bo‘yicha emas. Olingan makroholatni, ya‘ni uning termodinamik ehtimolligini beruvchi mikroholatlar sonini hisoblaymiz.

Oldin, 14, 15-rasmlarda tasvirlangan holatlardan osonroq holatlarni qaraymiz. Ikkita zarrachani olib, ularni idish ikki bo‘lagiga bittadan joylashtiramiz. Bunday joylashtirish usuli faqat ikkita bo‘ladi. Uchta zarrachani idishning ikki bo‘lagiga olti xil usul bilan

joylashtirish mumkin (15-rasm). Xuddi shunday to'rtta zarrachani 24 xil usul bilan ( $24 = 4!$ ,  $6 = 3!$ ,  $2 = 2!$ ) va h. k. joylashtirish mumkin. 15-rasmdagi ikkita mikroholatlar bir xil ko'rinishda ekanligini e'tiborga olsak, u holda mikrotaqsimlanishlar sonini ikki martaga kamaytirish mumkin.

Nazariy fizikada  $n$  ta holatdagi  $N$  ta zarrachalarning mikrotaqsimlanishlar sonini, ya'ni termodinamik ehtimollik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$W_T = \frac{N!}{N_1!N_2!\dots N_3!}.$$

Bu yerda  $N_1$  – birinchi holatdagi (bo'lak) zarrachalar soni,  $N_2$  – ikkinchi holatdagi zarrachalar soni va hokazo. Yuqoridagi formulani idish ikki bo'lagida uchta zarracha bo'lishi holati uchun qo'llasak,

$$W_T = \frac{3!}{2_1!1_2!} = 3.$$

To'rtta zarrachani olti usul bilan ikki bo'lakka ikkitadan qilib joylashtirish mumkin:

$$W_T = \frac{4!}{2_1!2_2!} = 6.$$

Xuddi shu to'rtta zarrachani to'rt usul bilan bir bo'lakka uchtdan joylashtirish mumkin:

$$W_T = \frac{4!}{3_1!1_2!} = 4.$$

14-rasmdagi makroholatlar uchun termodinamik holatlarni hisoblaymiz:

$$W_T = \frac{6!}{2_1!2_2!2!} = 90,$$

$$W_T = \frac{6!}{3_1!2_2!1!} = 60,$$

$$W_T = \frac{6!}{3_1!3_2!0!} = 20,$$

$$W_T = \frac{6!}{4_1!2_2!0!} = 15,$$

$$W_T = \frac{6!}{6_1!0_2!0!} = 1.$$

Shunday qilib, eng katta termodinamik ehtimollik tekis taqsimlanishda bo'lar ekan, bunda usullar soni ham eng ko'p bo'ladi.

Isbotlashimiz mumkinki, ikkita holatning matematik ehtimollik nisbati, ularning termodinamik ehtimolliklari nisbatiga teng bo'ladi. Entropiya va holat ehtimolligi o'rtasidagi bog'lanishdan termodinamikaning ikkinchi qonuni statistik tabiatga ega ekanligini ko'rsatish mumkin.

Bolsman formulasiga asosan bunday aytishimiz mumkin: tabiatda bo'layotgan hamma jarayonlar shunday yo'nalganki, u holat ehtimolligining ortishiga olib keladi.

Quyidagi misolda termodinamikaning ikkinchi qonuni statistik xarakterga ega ekanligini ko'ramiz.

Ikkita jism olamiz, birining harorati 301 K, ikkinchisidiki 300 K va birinchi jismga uzatiladigan issiqlik miqdori  $10^{-7}$  J ga teng bo'ladi. Bolsman formulasiga asoslanib, mana shu ikkita holatda bo'lgan jismlarning ehtimolliklar nisbatini jismlar entropiyasining o'zgarishini hisoblab topaylik. Issiqlik miqdori issiq jismdan

sovuqroq jismga o'tishini korib chiqaylik, keyin esa teskari yo'nalishda o'sha miqdordagi issiqlik sovuqroq jismdan issiqroq jismga o'tishini kuzataylik. Klauzius ta'rifiga binoan bu teskari jarayon umuman amalga oshmaydi, lekin statistik qonunlarga binoan bunday teskari jarayon ma'lum bir ehtimollikga ega. Jismning 300 K haroratda bo'lish ehtimolligini  $W_2$  bilan, 301 K haroratda bo'lish ehtimolligini  $W_1$  bilan belgilaymiz, unda

$$\Delta S = S_{A_2} - S_{A_1} = -\frac{Q}{T_A} + \frac{Q}{T_B} = \frac{Q(T_A - T_B)}{T_A T_B}$$

ga asosan entropiyaning o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{10^{-7}}{300} - \frac{10^{-7}}{301} = k \ln \frac{W_2}{W_1}$$

bundan,

$$\frac{W_2}{W_1} = e^{\frac{\Delta S}{k}} = e^{\frac{10^{-7}}{9 \cdot 10^{-4} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}}} \approx e^{\frac{10^{12}}{12}}.$$

Yuqoridagiga asosan aytishimiz mumkinki, ya'ni 301 K haroratli jismdan 300 K haroratli jismga  $10^{-7} J$  issiqlik miqdori  $e^{\frac{10^{12}}{12}}$  marta tasodifan o'tishiga. 300 K haroratli 301 K haroratli jismga bir marta tasodifan issiqlik o'tishi to'g'ri kelar ekan. Sovuq jismdan issiq jismga issiqlik miqdori o'tishi bu  $e^{\frac{10^{12}}{12}}$  martaga nisbatan juda ehtimolligi kam, demak, bu teskari jarayonni umuman kuzata olmaymiz.

Agar ikkita jismning yuqoridagi kuzatilayotgan harakatlarda bir-biriga uzatilayotgan issiqlik miqdori  $12 \cdot 10^{-19} J$  ga teng bo'lsa, unda boshqa natija hosil bo'ladi ya'ni,

$$\frac{W_2}{W_1} = e^{\frac{\Delta S}{12}} = e^{\frac{12 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 10^{-4} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}}} = e = 2,7.$$

Bunga asosan issiq jismdan sovuq jisimga issiqlik miqdori 2,7 marta tasodifan o'tishiga bir marta teskari jarayon ham to'g'ri kelar ekan. Ammo shunday kichik miqdordagi issiqlikka ( $12 \cdot 10^{-19} J$ ) nisbatan termodinamikaning ikkinchi qonunini qo'llab bo'lmaydi.

Haqiqatda  $12 \cdot 10^{-19} J$  energiyaga ayrim molekulalar 1000 daraja haroratda ega bo'ladi. Shunday qilib, ayrim yoki guruh molekullarga nisbatan termodinamik va statistik usullarni qo'llab bo'lmas ekan. Yuqorida aytilganlarga asosan quyidagi xulosaga kelishimiz mumkin.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni statistik qonundir. Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq nisbatan tor ma'noga ega, chunki termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik miqdori va ishini alohida ko'rib chiqadi, buni esa alohida molekulalarga nisbatan qo'llab bo'lmaydi. Energiyaning saqlanish qonunini har qanday joyda (molekula, mikrojara - yonga, mikrojisimga nisbatan) qo'llasa bo'ladi.

Alohida molekulaga nisbatan  $dQ = dU + dA$  ni yozib bo'lmaydi, chunki u fizik ma'noga ega emas. Lekin, energiyaning saqlanish qonunini ayrim molekulaga va boshqa mikrohodisalarga nisbatan qo'llasa bo'ladi. Demak, termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlari statistik xarakterga ega va bu qonunlarni elementar aktlarga nisbatan qo'llab bo'lmaydi.

## Savol va topshiriqlar

1. *Termodinamik potentsiallarni tushuntirib bering.*
2. *Entalpiya nima uchun o'rganiladi?*
3. *Termodinamik ehtimollik nima?*
4. *Gibbs va Gelmgols funksiyalarini tushuntiring.*
5. *Erkin va bog'langan energiya haqida tushuntiring.*

6. *Termodinamikaning birinchi qonuni qanday qonun hisoblanadi va qayerlarda tatbiq etiladi?*

7. *Termodinamika qonunlarining qo'llanilish sohalarini tushuntiring.*

8. *Termodinamikaning uchinchi qonuniga ta'rif bering va tushuntiring.*

9. *V. Nernst olib borgan tajribalarni tushuntirib bering.*

10. *Absolut entropiya qanday hisoblanadi?*

## V. BOB

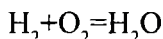
### FAZALAR QOIDASI VA FIZIK-KIMYOVIY TAHLIL

Ma'lumki, kimyoviy jarayonlar anchagina murakkab tarzda boradi – jarayon davomida moddalarning (agregat) holati va allotropik shakllari o'zgaradi, ya'ni yangi sohalar (fazalar) hosil bo'ladi yoki yo'qoladi. Ana shu sohalarining mavjud bo'lish shartlari, sohalar (fazalar) bo'yicha moddalarning taqsimlanishi, bir agregat holatdan ikkinchi holatga o'tish shartlari, haroratning bosim ta'sirida o'zgarishi singari xossalari bilan tanishib chiqamiz.

Yuqoridagi mavzularda sistema haqida ma'lumotga ega bo'lgan edik, endi shu sistema qismalarida boradigan jarayonlar bilan tanishib chiqamiz. Sistemaning boshqa qismlaridan chegara sirtlar bilan ajralgan, ulardan o'z termodinamik xossalari va kimyoviy tarkibi bilan farq qiladigan qismi **faza** deyiladi. Fazan bir xil tarkib va bir xil fizik-kimyoviy xossalarga ega bo'ladi. Bir fazadan iborat sistema **gomogen sistema** va bir necha fazadan iborat sistema **geterogen sistema** deyiladi. Suyuq va qattiq fazalar **quyuqlashgan** (kondensatlangan) **fazalar** deyiladi. Muvozanatda turgan sistema holati fazalar soni, kimyoviy tarkibi va termodinamik xossalari bilan tavsiflanadi. Agar bu uch xususiyat ma'lum bo'lsa, sistemaning holati aniqlangan hisoblanadi. Sistema tarkibi – komponentlar soni, termodinamik xossalari esa erkinlik darajalari soni bilan tavsiflanadi.

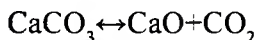
**Komponentlar soni.** Sistemadan ajratib olinganda mustaqil mavjud bo'la oladigan moddalar – **komponentlar** yoki **tarkibiy qismlar** deyiladi. Masalan, NaCl ning suvdagi eritmasida  $H_2O$  va NaCl dan tashqari, bu moddalardan hosil bo'lgan ionlar  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $H^+$ ,  $OH^-$  ham mavjud. Bu ionlar sistemadan tashqarida mavjud bo'la olmaydi. Shunga ko'ra, ular komponent bo'la olmaydi,

$H_2O$  va  $NaCl$  ni esa komponent deb hisoblash mumkin. Demak,  $NaCl$  ning suvdagi eritmasida ikkita komponent bor. Sistemadagi har qaysi fazaning kimyoviy tarkibini aniqlash uchun zarur bo'lgan modda xillarining (komponentlarning) eng kichik soni ***sistemaning komponentlar soni*** deb ataladi. Masalan, oddiy sharoitda muvozanatda  $H_2$ ,  $O_2$  aralashmasi bo'lsin. Bularning konsentratsiyasi bir-biriga bog'lanmagan, chunki ular orasida bu haroratda hech qan-day kimyoviy reaksiya bormaydi. Shunga ko'ra, fazalar konsentratsiyasini aniqlash uchun ikkala komponentning tarkibini bilish kerak bo'ladi, binobarin, bu sistemada komponentlar soni ikkiga teng. Agar muvozanat holatda komponentlar orasida kimyoviy reaksiya borsa, komponentlar sonini topish uchun tarkibiy qismlar sonidan kimyoviy reaksiyalar soni ayriladi. Faraz qilaylik,  $H_2$  va  $O_2$  aralashmasi shunday sharoitda muvozanatda turgan bo'lsinki, ular o'rtasida bitta reaksiya borsin:



Bu vaqtda ularning konsentratsiyasi ekvivalent nisbatda o'zgaradi. Demak, bu holda uchta ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ) tarkibiy qism mavjud. Lekin, komponentlar soni  $3 - 1 = 2$  bo'ladi. Demak, fazalar tarkibini aniqlash uchun xohlagan ikki komponent  $H_2$ ,  $O_2$  yoki  $H_2$ ,  $H_2O$  yoki  $H_2O$ ,  $O_2$  larning konsentratsiyasini bilish kifoya. Agar ikki komponentning konsentratsiyasi ma'lum bo'lsa, uchinchi komponentning konsentratsiyasini muvozanat konstantasi qiymatidan foydalanib hisoblash mumkin.

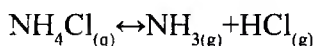
Shuningdek,  $CaCO_3$ ,  $CaO$ ,  $CO_2$  sistemasida quyidagi reaksiya boradi:



Bu sistemada uchta komponent mavjud bo'lsa ham komponentlar soni 2 ga teng.

Sistemada uch komponent  $NH_4Cl$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$  mavjud bo'lsin. Bu komponentlar orasida ikkita bog'lanish (tenglama) mavjud:





Bu reaksiya uchun,

$$K_c = [\text{NH}_3] \cdot [\text{HCl}]$$

Ikkinchi tomondan,

$$[\text{NH}_3] = [\text{HCl}]$$

Demak, komponentlar soni, ya'ni bog'lanmagan o'zgaruvchilar soni  $3-2 = 1$  ga teng. Agar dastlabki  $\text{NH}_4\text{Cl}$  miqdori, sistema-ning harorati va hajmi ma'lum bo'lsa,  $\text{NH}_3$  va  $\text{HCl}$  miqdorlarini yuqoridagi tenglamalar yordamida hisoblash mumkin.

**Erkinlik darajalari soni.** Sistemaning termodinamik xossasi harorat, hajm, bosim, konsentratsiya bilan tavsiflanadi. Sistemaning termodinamik xossasini aniqlash uchun zarur bo'lgan **parametrlarning** eng kichik soni – *erkinlik darajalari soni* deyiladi. Masalan, sistema gaz holatdagi bir komponentdan iborat bo'lsin. Bu sistemaning termodinamik holatini aniqlash uchun kamida nechta parametr ma'lum bo'lishi kerak? Faraz qilaylik, bir parametr, masalan, sistema harorati ma'lum bo'lsin. Ma'lum bu haroratda  $V$  va  $p$  lar Boyle–Mariott qonuni chegarasida (agar gaz ideal gaz deb qabul qilinsa) bir qancha qiymatga ega bo'lishi mumkin, ya'ni,  $V$ ,  $p$  lar qiymatini aniqlash uchun shuning o'zi kifoya emas. Faraz qilaylik, ikki parametr, masalan,  $T$ ,  $p$  ma'lum bo'lsin. Ma'lum  $T$ ,  $p$  qiymatida  $V$  bitta qiymatga ega bo'lishi mumkin. Bu qiymatni

$$pV = nRT$$

tenglamadan foydalanib hisoblash mumkin. Demak, sistemaning termodinamik xossasini aniqlash uchun kamida ikki parametr qiymati ma'lum bo'lishi kerak. Demak, ushbu misolda sistemadagi erkinlik darajalari soni 2 ga teng.

Ma'lum miqdordagi bir komponent muvozanatda turgan ikki faza – suyuqlik va bug' fazani hosil qilgan bo'lsin. Faraz qilaylik,

sistemaning harorati ma'lum bo'lsin. Yana yuqoridagidek mulohaza yuritaylik. Ma'lum suyuqlikning bug' bosimi faqat haroratga bog'liq, ya'ni ma'lum haroratda bug' bosimi to'g'ri keladi. Shunday qilib, harorat ma'lum bo'lsa, bosimi ham ma'lum bo'ladi. Ik-kita parametr ma'lum bo'lgandan so'ng uchinchi parametr qiymati yuqorida bayon etilganidek aniqlanadi. Demak, bu sistemada erkinlik darajalari soni birga teng ekan. Erkinlik darajalari sonining yana bir ta'rifi quyidagicha: erkinlik darajalari sonining fazalar sonini o'zgartirmasdan turib ma'lum chegarada o'zgartirilishi mumkin bo'lgan mustaqil o'zgaruvchi kattaliklar parametrlari soniga teng.

Sistemada muvozanat sharti kimyoviy potensial yordamida ifodalanganda quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta G = \sum \mu_i \cdot dn_i = 0 .$$

Faraz qilaylik, sistema ikki  $\alpha$  va  $\beta$  fazadan iborat bo'lsin. Shu ikki faza bo'yicha komponentlarning taqsimlanishini kuzataylik. Bu komponentlardan  $i$  – komponentning taqsimlanishini ko'rib chiqamiz.  $i$  – komponentning juda kichik miqdori  $\alpha$  fazadan  $\beta$  fazaga o'tgan bo'lsin. Agar  $i$  komponentning  $\alpha$  va  $\beta$  fazadagi kimyoviy potentsiali  $\mu_i^{(\alpha)}$ ,  $\mu_i^{(\beta)}$  shaklida ishoralansa,  $i$  – komponentning  $\alpha$  fazadagi izobarik potentsiali

$$dG^{(\alpha)} = \mu_i^{(\alpha)} \cdot dn_i$$

qadar kamayadi,  $\beta$  fazada esa

$$dG^{(\beta)} = \mu_i^{(\beta)} \cdot dn_i$$

qadar ko'payadi. Sistemada izobarik potentsialning umumiy o'zgarishi fazalar bo'yicha o'zgarishining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\Delta G = dG^{(\alpha)} + dG^{(\beta)} = \mu_i^{(\alpha)} \cdot dn_i + \mu_i^{(\beta)} \cdot dn_i .$$

$dn_i$  ning qiymati ikkala fazada teng bo'lib, faqat qarama-qarshi ishoraga ega bo'lgani uchun

$$dn_i^{(\alpha)} = dn_i^{(\beta)}$$

va

$$dn_i > 1$$

bo'ladi.

$$\Delta G = (\mu_i^{(\alpha)} - \mu_i^{(\beta)}) \cdot dn_i$$

Muvozanat qaror topganda  $\Delta G = 0$  bo'lgani uchun

$$\mu_i^{(\alpha)} = \mu_i^{(\beta)}$$

$i$  – komponentga nisbatan  $\alpha$  va  $\beta$  fazalar muvozanatining sharti ikkala fazada  $i$  – komponentning kimyoviy potentsiallarining tengligidir.

Boshqa komponent va fazalar uchun ham bu shart o'z kuchini saqlab qoladi. Agar bir qancha fazalar bo'yicha bir necha xil komponentlar taqsimlangan bo'lsa, fazalararo muvozanat sharti hamma fazalarda har qaysi komponent kimyoviy potentsialining tengligidir.

Demak,  $i$  – komponentning o'z-o'zicha  $\alpha$  dan  $\beta$  ga o'tish sharti

$$\mu_i^{(\alpha)} > \mu_i^{(\beta)}.$$

Yuqoridagi tenglamaga binoan

$$\mu = \mu_0 + RT \ln f.$$

bo'lgani uchun muvozanat sharti:

$$f_i^{(\alpha)} = f_i^{(\beta)}.$$

Ya'ni  $\alpha$  va  $\beta$  fazadagi uchuvchanliklarning tengligini ko'rsatadi.

Agar gazlar ideal gaz qonuniga bo'ysunsa, uchuvchanlikni parsial bosim bilan almashtirish mumkin, bunday holda:

$$p_i^{(\alpha)} = p_i^{(\beta)}.$$

Demak,  $i$  – komponentlar o'z-o'zicha  $\alpha$  va  $\beta$  ga o'tish sharti

$$f_i^{(\alpha)} > f_i^{(\beta)}$$

yoki

$$p_i^{(\alpha)} > p_i^{(\beta)}$$

## V. I. Fazalar qoidasi

Fazalar qoidasi yoki **Gibbsning fazalar qoidasi** muvozanatdagi geterogen sistemalarga qo'llaniladi. Bu qoida, asosan, termodinamika qonunlarining geterogen sistemalarga tatbiq etilishidan iborat. Fazalar qoidasi geterogen sistemani xarakterlovchi kattalik – fazalar soni ( $F$ ) komponentlar soni ( $K$ ) va erkinlik darajalari soni ( $C$ ) ni bir-biri bilan bog'laydi:

$$\phi(F, K, C) = 0.$$

Muvozanatda hamma fazalarda harorat, bosim va har qaysi komponentning kimyoviy potentsiali bir xil bo'ladi.

Muvozanatda har qaysi fazaning holati harorat, bosim va hamma komponentlarning mustaqil o'zgaruvchi konsentratsiyalari bilan tavsiflanadi.  $K$  – komponent tutgan fazaning kimyoviy takibini bilish uchun ( $K-1$ ) komponentlar konsentratsiyasini bilish kifoya. Shunday qilib,  $F$  – fazaning tarkibini bilish uchun  $F(K-1)$  mustaqil komponentlar sonini bilish, ya'ni mustaqil o'zgaruvchi parametrlarni bilish kerak. Sistemaning termodinamik holatini aniqlash uchun  $T, V, p$  lardan ikkitasini bilish lozim. Shunday qilib, mustaqil o'zgaruvchilar (noma'lumlar) soni  $[(K-1)F+1]$  ga teng bo'ladi.

Yuqorida bayon etilganidek, bu mustaqil o'zgaruvchilar bir-biriga bog'lanmagan bo'lsa, mustaqil o'zgaruvchilar soni  $[(K-1)+2]$  ga teng. Agar bunday tenglamalar bo'lsa, mustaqil o'zgaruvchilar soni  $F(K-1)+2$  dan tenglamalar soni ayriladi.

Sistemadagi komponentlar 1, 2, 3, ...,  $K$  bilan, fazalar esa 1, 2, 3, 4, ...,  $F$  bilan ifodalanadi. Komponentning qanday bo'lmasin biror fazadagi kimyoviy potensialini yozishda potensial ishorasi o'ng tomonining pastiga, shu komponentning yuqorisiga esa fazalar sonini ko'rsatamiz. Komponentlarni bir-biri bilan bog'laga tenglamalar sonini hisoblaylik: muvozanat vaqtida har qaysi komponentning kimyoviy potentsiali hamma fazalarda bir xil bo'lgani uchun:

$$\mu_1^{(1)} = \mu_1^{(2)}; \mu_1^{(2)} = \mu_1^{(3)}; \dots; \mu_1^{(F-1)} = \mu_1^{(F)}$$

$(F-1)$  tenglama

$$\mu_2^{(1)} = \mu_2^{(2)}; \mu_2^{(2)} = \mu_2^{(3)}; \dots; \mu_2^{(F-1)} = \mu_2^{(F)}$$

$(F-1)$  tenglama

$$\mu_K^{(1)} = \mu_K^{(2)}; \mu_K^{(2)} = \mu_K^{(3)}; \dots; \mu_K^{(F-1)} = \mu_K^{(F)}$$

$(F-1)$  tenglama

Demak, tenglamalar soni  $(F-1)K$  ga teng. Shunga ko'ra, mustaqil o'zgaruvchi parametrlar soni, ya'ni erkinlik darajalari soni teng:

$$C = [F(K-1)+2] - [K(F-1)]$$

va bundan,

$$C + F = K + 2$$

bo'ladi. Bu tenglama **fazalar qoidasining ifodasidir.**

Bu qoidadan kelib chiqadigan ba'zi bir natijalarni ko'rib chiqay-

lik. Faraz qilaylik, sistemada komponentlar soni birga teng bo'lsin ( $K = 1$ ), bunda yuqoridagi tenglamaga muvofiq,

$$C + F = 3$$

Demak, agar

$$F = 1 \text{ bo'lsa, } C = 2$$

$$F = 2 \text{ bo'lsa, } C = 1$$

$$F = 3 \text{ bo'lsa, } C = 0$$

bo'ladi. Erkinlik darajalari soni kamaygan sari muvozanatda turadigan fazalar soni ko'payib boradi. Demak, bir komponentli sistemada bir vaqtning o'zida eng ko'pi bilan 3 faza muvozanatda bo'lishi mumkin. Ikki komponentli sistemada yuqoridagi tenglamaga muvofiq bu qiymat 4 ga teng.

Geterojen sistemalar ikki sinfga bo'linadi: komponentlar soni bo'yicha – bir-ikki va h. k. komponentli sistemalar va erkinlik darajalari soni bo'yicha  $C = 0$  bo'lganda, nol variantli,  $C = 1$  da (yoki mono) variantli,  $C = 2$  da (bi) varinatli sistema va h. k.

## **V.2. Suyuqliklarning tuzilishi va fazolardagi muvozanat**

Moddalar uch agregat holatda (gaz, suyuq, qattiq) bo'lib, ularning fizik xususiyatlari holat parametrlari o'zgarishi bilan bir-biridan farq qilishi yoki o'xshash bo'lishi mumkin. Masalan, normal sharoitda gaz molekulalari orasidagi masofa ularning o'lchamligiga nisbatan juda katta bo'lib, zichligi kichik va siqiluvchan bo'ladi, ya'ni gaz molekulalari orasidagi o'zaro tortishish kuchi kichik bo'lganligidan u o'zi solingan idish hajmini to'la egallaydi va idish shaklini oladi.

Suyuqlik molekulalari esa bir-biriga juda yaqin joylashgan bo'lib, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi gaz molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchidan bir necha yuz marta katta bo'lib, zichligi

gazlar zichligdan yuz martalab katta, juda kam siqiluvchandir. Bu xususiyati jihatidan suyuqliklar qattiq jismga yaqin turadi.

Kritik haroratga yaqin haroratda suyuq holat va to'yingan bug' xususiyatlari (zichligi, siqilishi) bir-biriga juda yaqin bo'lib, suyuqlik gazga o'xshasa, erish haroratida suyuqlik o'zining ko'pchilik xususiyati bilan qattiq jismga o'xshaydi. Suyuqlik, gaz kabi, o'zi qo'yilgan idish shaklini olsa-da, lekin qattiq jism kabi ma'lum hajmni egallaydi.

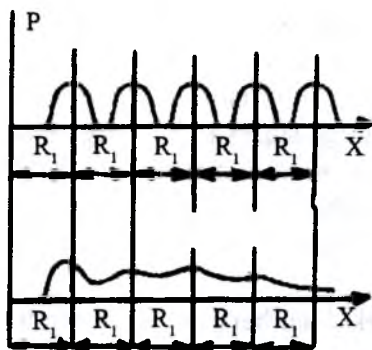
Gazlarda molekulalar betartib harakatda bo'lsa, qattiq jismlarda molekulalar o'z muvozanat holati atrofida faqat tebranma harakat qiladi, ya'ni qattiq jism molekulalarini joylashishida aniq tartib mavjuddir.

Suyuqlik molekulalari qattiq jism molekulalari kabi zich joylashgan bo'lsa-da, uning o'z hajmini o'zgartirishi suyuqlik molekulalarini (gaz molekulalaridek bo'lmasa-da) ozmi-ko'pmi bir-biriga nisbatan erkin harakat qilishini ko'rsatadi. Shunday qilib, gaz holati (molekulalar erkin harakati) bilan qattiq holat (molekulalar muvozanat holati atrofida tebranadi) oralig'idagi modda holati suyuq holatdir.

Yuqorida aytilgan fikrlarning to'g'riligini suyuqliklarning rentgen strukturasi tahlil qilish bilan ham tasdiqlash mumkin. 16-rasmda kristall va suyuqliklarda atomlarning taqsimlanish ehtimolligi ( $P$ ) keltirilgan.

Biron-bir atomni sanoq boshida deb olib shundan ma'lum yo'nalishda  $R_1$  masofada boshqa atom borligini bilmoqchi bo'lsak, issiqlik harakati hisobga olinmaganda,  $R_1$  masofadan kam masofada atomni uchratish ehtimoli nolga teng bo'ladi.  **$R_1$  masofada bu ehtimollik birga teng bo'ladi.**

Shuningdek, tanlangan yo'nalishda keyingi atom oldingi atomdan faqat  $R_1$  masofada turadi.  **$R_1$  dan katta va  $2R_1$  dan kichik masofada atomni bo'lish ehtimoli nolga teng bo'lib  $2R_1$  masofada birga teng bo'ladi.** Shunday qilib, tanlangan atomdan ma'lum bir yo'nalishda  $R_1$  masofaga karrali oraliqda atomni uchratish ehtimoli birga teng.



**16-rasm. Kristall va suyuqliklarda atomlarning taqsimlanish ehtimolligi**

Agar atomlarning issiqlik harakati hisobga olinsa, ularning  $R_1$  masofadan ozgina farqli masofalarda uchratish ehtimoli noldan farqli bo'ladi. Atom qo'shni atomga bir yaqinlashsa (masofa  $R_1$  dan kichik), undan bir uzoqlashadi ( $R_1$  dan bir oz katta). Sanoq boshida turgan atomdan boshqa atomlarni qanday masofada bo'lishi va ular orasidagi masofani o'zgarish ehtimoli 16-rasmda ko'rsatilgan grafikda berilgan. Grafikda ko'rinadiki (yuqoridagi egrilik), har bir  $nR_1$  oraliqda atomni bo'lish ehtimolligi kengligi (egrilikning qo'ng'iroqsimon qismining kengligi) bir xildir. Ana shu kenglikning o'zgarmas qolishi kristall bo'yicha tartibning saqlanishini, demak, kristallda ham yaqin, ham uzoq tartib borligini ko'rsatadi.

Suyuqliklarda esa egriklikning ko'rinishi boshqachadir (pastki egriklik). Suyuqliklarda ham atom ma'lum masofada uchrash ehtimolligi ( $P$ ) sifat jihatdan kristalldagi kabidir. Lekin egriklikdagi birinchi qo'ng'iroqsimon qismdagina maksimum yaqqol ko'rinib,  $2R_1$ ,  $3R_1$  va hokazo oraliqlarda maksimum kamayib boradi va oxiri deyarli yo'qoladi. Demak, tanlab olingan suyuqlik atomidan faqat  $R_1$  masofada boshqa atomning bo'lish ehtimolligi eng katta bo'lib (kristallardagi kabi), masofa ortgan sari ehtimollik kamayib, istalgan masofada atomni bo'lish ehtimolligi bir-biriga tenglashib



qoladi (gazlardagi kabi). Bu esa suyuqliklarda yaqin tartib mavjud bo'lib, uzoq tartib yo'qligini ko'rsatadi.

Shuni aytish kerakki, ehtimollikni ko'rsatuvchi egrilikdagi maksimumning o'ng qismi nolgacha tushmaydi. Bu shuni ko'rsatadiki, suyuqliklarda tanlangan zarraga yaqin zarra aniq bir zarra bo'lmay o'zgarib turadi. Shuning uchun tanlangan molekulaga yaqin molekulalar soni to'g'risida gap yuritilsa, faqat o'rtacha son to'g'risida fikr yuritish mumkin.

Yuqorida suyuqliklarning xususiyati holat parametriga qarab qattiq jism xususiyatiga yoki gaz xususiyatiga yaqin bo'lishi to'g'risida fikr yuritgan edik. Suyuqlikning xususiyatini bunday ikkilangan bo'lishiga sabab, suyuqlik molekulalari harakatining o'ziga xosligidir. Qattiq jism molekulalari muvozanat holati atrofida tebranma harakat qiladi, gaz molekulalari harakati esa to'la betartib bo'ladi.

Suyuqlik molekulalari qattiq jism molekulalari kabi qandaydir muvozanat holati atrofida tebranadi. Lekin bu tebranish o'rni miqdor bo'lmay ma'lum  $\tau$  vaqtdan keyin boshqa o'ringa siljiydi ( $10^{-8}$  sm) va bu o'rinda tebrana boshlaydi.

Molekula o'zining bir vaqtinchalik muvozanat holatidan ikkinchi holatiga o'tganda, uning boshqa molekulalar bilan aloqasi uziladi. Aloqa uzilishi uchun  $W$  energiya sarflanadi. Molekula yangi o'ringa sakrab o'tgandan keyin bu o'rin atrofidagi molekulalar bilan aloqada bo'ladi. Bunda  $W$  energiya ajralib chiqadi.

Shunday qilib, molekula «eski» o'rindan «yangi» o'ringa o'tganda uning potensial energiyasi  $W$  ga ortadi. Bu energiyani aktivatsiya energiyasi deyiladi va boshqa molekulalar energiyasi hisobiga bo'ladi.

Agar suyuqlik molekulasini ma'lum o'rinda vaqtincha tebranish davrini  $\tau_0$  desak, shu o'rinda-tebranish (o'troqlik) vaqti

$$\tau = \tau_0 y^{\frac{W}{kT}}$$

bo'ladi.

$\tau$  – molekulaning «o'troq» holati mavjud bo'lishining o'rtacha

vatqi *relaksatsiya vaqti* deb yuritiladi va formuladan ko'rinadiki, harorat ortishi bilan u kamayib, aksincha kamayishi bilan ortadi.

Agar suyuqlik harorati kritik haroratga yaqin bo'lsa, suyuqlik molekulasining muvozanat holati atrofida tebranish chastotasi  $10^{12}$ – $10^{13}$  Hz bo'lib, o'z o'rnida taxminan  $10^6$  marta tebranib boshqa o'ringa sakraydi. Bu sakrashlar har sekundda  $10^5$ – $10^6$  marta bo'ladi. Harorat pasayishi bilan bu sakrashlar soni kamayib, suyuqlik yopishqoq bo'lib qoladi.

Tajribalar ko'rsatadiki, suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyenti gazlarnikiga nisbatan kichik bo'lib, xarakterli tomoni shundaki, bosim ortishi bilan hamma suyuqliklar uchun bu koeffitsiyent deyarli bir xil bo'ladi.

Umuman olganda, harorat ortishi bilan suyuqliklarning issiqlik sig'imi oz bo'lsa-da ortadi, lekin  $C_p$  va  $C_v$  o'rtasida farq juda kichik bo'ladi. Suyuqliklarning yopishqoqligi gazlarnikiga nisbatan juda katta bo'lib, harorat ortishi bilan kamayadi. Har xil suyuqliklar uchun yopishqoqlik koeffitsiyenti bir-biridan katta farq qiladi. Masalan, uy haroratida suv yopishqoqligi glitserin yopishqoqligidan 250 marta kamdir.

Suyuqliklarning muhim xususiyatidan biri o'zi solingan idish devori bilan chegaralanmagan erkin sirtiga ega bo'lish xususiyatidir. Agar suyuqlik tomchisiga og'irlik kuchi ta'sir qilmasa, tomchi shar shaklini oladi, ya'ni uning sirti eng kichik bo'lishga intiladi. Bunga sabab suyuqlik sirtidagi molekulalarni alohida energetik holatda bo'lishidir.

Suyuqlik qizdirilganda uni tashkil etgan molekulalarning xao-tik harakat o'rtacha kinetik energiyasi oshadi. Buning natijasida molekulalar orasidagi masofa oshib, suyuqlikning hajmini oshishiga olib keladi. Suyuqliklarning issiqlikdan hajmiy kengayishi xuddi qattiq jismlarnikidek hajmiy kengayishning harorat koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi va issitilgan suyuqlik hajmi quyidagi formula orqali topiladi:

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T),$$

bunda  $V_0$  – qizdirilgunga qadar suyuqlik hajmi,  $V$  – qizdirilgandan keyin suyuqlik hajmi,  $\Delta T = T - T_0$ , bunda  $T_0$  – qizdirilgunga qadar suyuqlik harorati,  $T$  – qizdirilgandan keyin suyuqlik harorati,  $b$  – hajmiy kengayishning harorat koeffitsiyenti.

Agar (1) formuladan  $\beta$  ni topsak:

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta V}{V_0}$$

bo'ladi.

Demak,  $b$  suyuqlik hajmining kengayishi  $\frac{\Delta V}{V_0}$  ning haroratning o'zgarishi  $\Delta T$  ga nisbatiga teng ekan, ya'ni suyuqlikning harorati 1 K ga o'zgarganda uning hajmi boshlang'ich hajmining qancha qismiga o'zgarganligini ko'rsatadi.

Suyuqliklarning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti ( $\beta$ ) ning son qiymatlari harorat va bosimga bog'liqdir. Bir xil harorat va bosimlarda turli suyuqliklarning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti

$\beta$  keskin o'zgaradi. Masalan,  $20^\circ\text{C}$  da suv uchun  $\beta = 15 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ ,

benzol uchun ,  $\beta = 124 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  suyuq karbonat kislota uchun

$\beta = 1050 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  , glitserin uchun  $\beta = 53 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  va hokazo.

Haroratning teng oshishi bilan  $\beta$  tez oshadi.

Karbonat kislota uchun harorat  $0^\circ\text{C}$  dan  $20^\circ\text{C}$  ga ko'tarilganda, issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti  $\beta$  2 marta ortadi. Bosimning oshishi esa issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti  $\beta$  ning qiymatini bir qadar kamaytiradi. Suv anomal issiqlikdan kengayishga ega.

Haroratning  $0^\circ\text{C}$  dan  $3,98^\circ\text{C}$  gacha intervalida issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti  $\beta$  manfiy qiymat oladi. Isitish vaqtida suvning hajmi kamayib,  $3,98^\circ\text{C}$  da suv eng katta zichlikka ega bo'ladi. Bu

haroratda  $\beta = 0$  bo'ladi. Bosimning oshishi bilan maksimal zichlikdagi harorati tushadi va uni quyidagicha empirik formula yordamida hisoblanadi:

$$t_{\rho_{\max}} = 3,98 - 0,0225$$

Bunda  $p$ — bosim, atmosferalarda o'lchaniladi. Suvning anomal kengayishining sababi shundaki, suv molekulasining tarkibi har xil bo'ladi. Faqat  $H_2O$  emas, balki  $2H_2O$  va  $3H_2O$ . Bu molekullarning nisbiy miqdori harorat va bosimga bog'liq ravishda o'zgaradi.

Quyidagi jadvalda  $20^\circ C$  da ba'zi suyuqliklarning hajmiy kengayishining harorat koeffitsiyenti keltirilgan:

| T/r | Suyuqlik  | $\beta, 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$ |
|-----|-----------|-------------------------------------|
| 1   | Suv       | 208                                 |
| 2   | Glitserin | 505                                 |
| 3   | Simob     | 181                                 |
| 4   | Benzin    | 1100                                |
| 5   | Kerosin   | 900                                 |
| 6   | Benzol    | 1237                                |
| 7   | Atseton   | 1487                                |

Quyidagi jadvalda esa suvning har xil haroratlarda hajmiy kengayishining harorat koeffitsiyenti keltirilgan:

| T/r | Suv harorati, $^\circ C$ | $\beta, 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$ |
|-----|--------------------------|-------------------------------------|
| 1   | 3                        | -15                                 |
| 2   | 4                        | 0                                   |
| 3   | 5                        | 17                                  |

|    |     |      |
|----|-----|------|
| 4  | 10  | 95   |
| 5  | 20  | 208  |
| 6  | 30  | 300  |
| 7  | 40  | 390  |
| 8  | 50  | 460  |
| 9  | 60  | 530  |
| 10 | 80  | 630  |
| 11 | 90  | 700  |
| 12 | 100 | 750  |
| 13 | 150 | 1030 |

Ma'lumki, zichlik  $\rho = \frac{m}{V}$  formula orqali topiladi. Demak, suyuqlik isitilganda uning hajmi ortadi va uning zichligi esa kamayadi. Suyuqlik zichligi o'zgarishining haroratga bog'liqligini quyidagicha topamiz, ya'ni (1) formulada  $V$  ning o'rniga  $V = \frac{m}{\rho}$  ni qo'yamiz va

$$\frac{m}{\rho} = \frac{m}{\rho_0} \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

yoki

$$\rho = \frac{\rho_0}{(1 + \beta \cdot \Delta T)}$$

bo'ladi.

Turmushda va texnikada suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi-ni albatta, e'tiborga olish zarur. Masalan, yopiq idishda saqlanadigan suyuqlik qizisa, potlashni yuzaga keltirishi mumkin va hokazo.

Ma'lumki, erish nuqtasi yaqinida modda qattiq va suyuq fazalari issiqlik sig'imlari bir-biridan juda kam farq qiladi, bu esa qattiq jism

va suyuqlikning strukturalari o'xshashligidan darak beradi. Suyuqliklarning issiqlik sig'imi ularning molekular og'irligiga bog'liq bo'ladi, ya'ni molekular strukturasiga. Issiqlik sig'imi nazariyasiga asosan suyuqlikning molekular og'irligi katta bo'lsa, uning issiqlik sig'imi ham yuqori bo'ladi.

Bu hol organik suyuqliklarda yaqqol namoyon bo'ladi (H, O, C, N), chunki ular ko'p sonli yengil elementlardan iborat bo'lib, erkinlik darajalari katta, shuning uchun issiqlik sig'imi yuqori. Xona haroratida amil spirt  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$  molekulasi 18 ta atomdan iborat bo'lib,  $C_m$  molekular issiqlik sig'imi  $203 \frac{J}{g \cdot \text{mol} \cdot ^\circ C}$  ga yoki skipidar molekulasi 26 ta atomdan iborat va

$$C_m = 285 \frac{J}{g \cdot \text{mol} \cdot ^\circ C}$$

ga teng.

Bunday suyuqliklarning issiqlik sig'imi haroratga juda bog'liq, organik suyuqliklar uchun bu bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$C_p = a + bT,$$

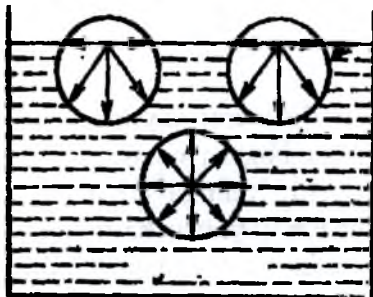
bunda  $a$  va  $b$  – koeffitsiyentlar bir sinf suyuqliklari uchun bir xil, masalan, spirt, efir va hokazo.

Suyuqlik ichidagi har bir molekula o'zini o'rab olgan boshqa molekulalar bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. O'zaro ta'siri o'rganilayotgan ikki molekula orasidagi masofa ortib borishi bilan ta'sir kuchi kamayib boradi va qandaydir  $R$  masofadan keyin nolga teng bo'lib qoladi.

Shunday qilib, tanlangan molekula atrofida markazi shu molekulada yotgan  $R$  radiusli sfera o'tkazsak, biz tanlagan molekula shu sfera ichida yotgan hamma molekulalar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Ana shu sferadan tashqarida yotgan molekulalar bilan ta'siri hisobga olmasa ham bo'ladi.  $R$  radiusni ta'sir radiusi, sferani esa ta'sir

sferasi deb atalib,  $R = 10^{-9} m$  ga teng.

Suyuqlikning ichki qismida turgan 1 molekulani va suyuqlik sirtida turgan 2 yoki 3 molekula atrofida ta'sir sferasini chizaylik (17-rasm).



17-rasm. Suyuqlik molekulalarining o'zaro taqsimlanishi

Suyuqlik ichida turgan 1 molekulaga sfera radiusi bo'yicha yo'nalgan kuchlar ta'sir qilib, bu kuchlar teng ta'sir etuvchisi nolga teng. Suyuqlik sirtida yotgan molekulaga ham ta'sir sferasi radiusi bo'yicha boshqa molekulalar ta'sir qilsa, bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lmaydi. Chunki ta'sir sferasining ustki yarim qismida bug'dagi molekulalar sonidan, pastki qismida suyuqlikdagi molekulalar soni juda ko'p. Shuning uchun 2 yoki 3 molekulaga ta'sir qilayotgan kuchlar teng ta'sir etuvchisi suyuqlik ichiga tomon yo'nalgan bo'ladi.

Bundan tashqari, suyuqlik sirtida yotgan molekulalar ham 2 yoki 3 molekulaga suyuqlik sirtiga urinma bo'lgan kuch bilan ta'sir qiladi. Bu kuchlar suyuqlik sirtini qisqartirishga harakat qiladi. Bu kuchlarni biz, **sirt taranglik kuchlari** deb ataymiz.

Sirt taranglik kuchini tavsiflash uchun suyuqlik sirtiga fikran  $l$  uzunlikka teng kesmani olaylik. Bu kesmani ikki tomoniga joylashgan molekulalar o'zaro tortishib sirt taranglik kuchini hosil qiladi va bu kuchlar teng ta'sir etuvchisi kesmaga perpendikular yo'nalgan. Shu sirt taranglik kuchini  $F$  desak, kesma uzunligi birligiga to'g'ri kelgan kuch

$$F = \sigma \cdot l$$

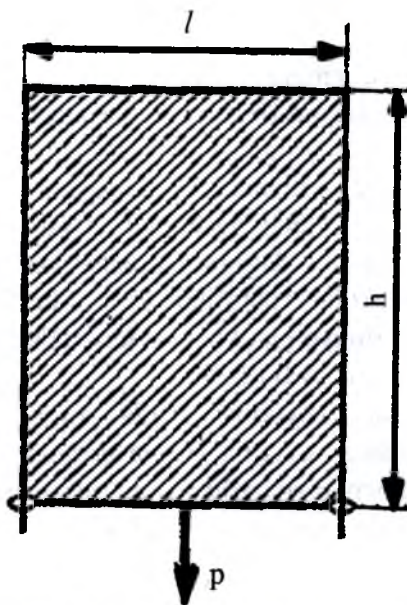
ga teng bo'ladi.

Bnda  $\sigma$  – sirt taranglik koeffitsiyenti deb ataladi:

$$\sigma = \frac{F}{l}$$

Sirt taranglik koeffitsiyenti suyuqlik sirtida olingan kesmani to'g'ri yoki egriligiga bog'liq emas.

Sirt taranglik koeffitsiyentiga quyidagicha ham ta'rif berish mumkin. Buning uchun quyidagicha tajribani taklif etamiz: simli ramkaga (18-rasm) uning chet yo'nalishlarida erkin harakat qila oladigan yengil perekladina (to'siq) kiydiramiz.



18-rasm. Suyuqlik sirtining hosil bo'lishi

Ramkani sovunli eritmaga botirib undan sovunli plyonkali ramkani chiqaramiz.



Sovunli plyonka o'z sirtini qisqartirishga intiladi va shuning uchun to'siqni yuqoriga ko'taradi. Bunda vertikal yo'nalgan  $F$  sirt taranglik kuchi,  $\sigma$  sirt taranglik koeffitsientining  $2 \cdot l$  uzunlikka ko'paytmasiga teng bo'ladi. Bu yerda  $l$  ramkaning eni. Uzunlik ikkilanganligiga sabab shuki, plyonka xuddi qog'oz varag'iday ikki sirtga ega bo'ladi. Sirt taranglik kuchini muvozanatlash uchun ramkaga  $P$  yuk osiladi. Muvozanat vaqtida

$$P = 2\sigma \cdot l$$

bo'ladi.

Agar yuk tortilmaydigan plyonkaga qo'yilgan bo'lsa, u holda muvozanat holga kelish uchun plyonkani  $\Delta h$  kattalikka tortadi. Bunday holda tortish ishi

$$\Delta A = P \cdot \Delta h = 2\sigma \cdot l \cdot \Delta h = G \cdot \Delta S$$

bunda  $\Delta S$  – plyonka sirtining o'sishi. Bundan,

$$\sigma = \frac{\Delta A}{\Delta S}.$$

Demak, sirt taranglik koeffitsiyenti – birlik suyuqlik sirtini hosil qilish uchun sarflangan ish yoki bu kattalik suyuqlik birlik qatlamining erkin energiyasidir.

Yuqoridagi formuladan ko'rinadiki, sirt taranglik koeffitsiyentining birligi  $\frac{N}{m}$  larda o'lchanadi. Tortish ishi  $A$  sirtning to'liq energiyasiga teng bo'lmaydi. Suyuqlik sirti adiabatik tortilganda, soviydi. Suyuqlik sirti izotermik tortilganda  $A$  ish bajarish bilan birga  $Q$  issiqlik miqdori ham zarur bo'ladi. Bunda suyuqlik sirtining to'liq energiyasi termodinamika I qonuniga ko'ra

$$U = Q + A$$

bo'ladi.

$A$  kattalik sirtning erkin energiyasi deyiladi, ya'ni suyuqlik sir-

ti qisqarganda potensial energiya boshqa energiyaga o'tadi yoki suyuqlikning ko'chishiga sarflanadi.

Yuqoridagi tajribadan suyuqlik sirtining tortilishi eritmalar uchun o'rinli. Toza suyuqliklar uchun bunday tajribani o'tkazib bo'lmaydi. Toza suyuqlik plyonkasi tortilishi bilan sirt taranglik koeffitsiyenti o'zgarmaydi va aks ta'sir kuchi doimiy saqlanadi. Farqli ravishda qattiq jismda aks ta'sirlovchi deformatsiya kuchi Guk qonuniga asosan deformatsiyaga mutanosib ortadi. Toza suyuqlik plyonkasining tortilishida muvozanat turg'un emas. Agar tortilish kuchi sirt taranglik kuchiga teng bo'lsa, muvozanat turg'un bo'ladi. Sirt taranglik koeffitsiyenti  $\sigma$  ning kichik o'zgarishda (masalan, harorat  $T$  ning o'zgarishi) ham muvozanat buziladi. Moddaning faqat sirti-faol eritmalarda turg'un muvozanat kuzatiladi.

Suyuqlik sirt taranglik koeffitsiyenti katta oraliqlarda o'zgaradi.

Suv uchun  $\sigma = 73 \cdot 10^{-5} \frac{N}{sm}$ , sovunli eritma uchun  $\sigma = 45 \cdot 10^{-5} \frac{N}{sm}$ ,

efir uchun  $\sigma = 23 \cdot 10^{-5} \frac{N}{sm}$ , eritilgan tuzlar uchun  $\sigma = 10^{-3} \frac{N}{sm}$  eri-

tilgan metallar uchun  $\sigma = 10^{-2} \frac{N}{sm}$  masalan, erigan platina uchun

$\sigma = 1,7 \cdot 10^{-3} \frac{N}{sm}$  bo'ladi. Siqilgan gazlar uchun  $\sigma$  katta emas, ma-

salan, suyuq azot uchun  $\sigma = 8 \cdot 10^{-5} \frac{N}{sm}$ . Har xil suyuqliklar uchun

$\sigma$  ning qiymati 1 dan 2000 gacha bo'ladi.

Sirt taranglik kuchining asosiy xossalaridan biri suyuqlik sirtini qisqarishiga intilishidir. Bunda suyuqlik tomchisi sfera shaklini oladi, agar og'irlik kuchi to'sqinlik qilmasa. Og'irlik kuchi ta'sirini yo'qotish uchun suyuqlik boshqa bir xil zichlikdagi suyuqlikka solinadi. Bunda solingan suyuqlik tomchisi sfera shaklini oladi.

Termodinamikaning 2 qonunidan foydalanib, uni yuqoridagi tajribaga qo'llaymiz (18-rasm), hodisa manzarasini soddalashtirish



yonka uzayishiga bajarilgan ( $ABCD$  yuza) ishga teng bo'ladi. Isitkichdan olingan issiqlik miqdori  $dQ$ , siklning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = -\frac{(S_2 - S_1)d\sigma}{dQ}.$$

Minus ishora plyonka qisqarishida issiqlik miqdori ajralishi bilan bog'liq. Ideal Karno sikli formulasini qo'llab,

$$\eta = -\frac{\Delta S d\sigma}{dQ} = \frac{dT}{T}$$

hosil qilamiz.  $T_1 - T_2 = dT$  yoki plyonka birlik sirtini hosil qilish uchun bajargan ish.  $\frac{dQ}{dS}$  nisbatni  $r$  orqali belgilab olsak, u holda

$$\frac{d\sigma}{dT} = -\frac{r}{T}.$$

Shunday qilib, haroratning oshishi bilan sirt taranglik koeffitsiyenti kamayadi va kritik huqtada nolga teng bo'ladi.

Bir suyuqlik tomchisining ikkinchi suyuqlik sirtidagi o'zini tutishini ko'rib chiqamiz (20-rasm). Suyuqliklar o'zaro aralashmasliklari kerak. Tomchisi yengilroq bo'lgan 2 suyuqlik, tomchisi og'irroq bo'lgan 1 suyuqlikka tushirilgan bo'lsin. U holda suyuqlik tomchisi linza shaklini hosil qiladi. Tomchi chegaralariga suyuqliklar 1 va 2 hamda havo ((gaz) 3) ta'sir ko'rsatadi. Ikki muhit chegarasi sirtida, shu sirtini qisqartirishga intiluvchi sirt taranglik kuchi hosil bo'ladi. Shuning uchun tomchi aylanasi birlik uzunligiga sirt taranglik koeffitsiyentiga son jihatidan teng bo'lgan uchta kuch ta'sir etadi.  $\sigma_{1,2}$  – ikki suyuqlik chegarasida,  $\sigma_{1,3}$  – birinchi suyuqlik va havo chegarasida,  $\sigma_{2,3}$  – ikkinchi suyuqlik va havo chegarasida.  $\sigma_{1,2}$  va  $\sigma_{2,3}$  kuchlar tomchini siqib, uning sirtini kamaytirishga, ya'ni

shaklini sferaga yaqinlashtirishga intilsa,  $\sigma_{1,3}$  kuch esa, aksincha, tomchini cho‘zishga intiladi. Agar  $\sigma_{1,2}$  va  $\sigma_{1,3}$  kuchlar proyeksiyasining yig‘indisi gorizontal sirtida  $\sigma_{1,3}$  kuchga teng bo‘lsa, u holda **tomchi muvozanatda** bo‘ladi. Agar  $\sigma_{1,3}$  kuch  $\sigma_{1,2}$  va  $\sigma_{2,3}$  kuchlar yig‘indisidan katta bo‘lsa, muvozanat holat bo‘lmaydi. Demak, suzayotgan tomchi muvozanatda bo‘lishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

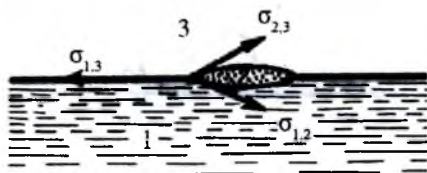
$$\sigma_{1,3} < \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3}$$

Agar  $\sigma_{1,3} > \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3}$  bo‘lsa, u holda tomchi muvozanatda bo‘lmaydi va birinchi suyuqlik sirtiga cheksiz suzib yuradi.

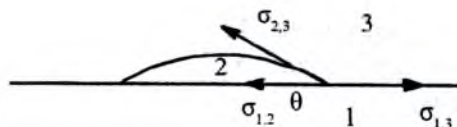
Ayrim suyuqliklar qattiq jismni ho‘llasa, boshqalari ho‘llamaydi. Faraz qilaylik, qattiq jism suyuqlikning gorizontal sirti bilan  $A$  nuqtada tegib turgan bo‘lsin.  $A$  nuqtada turgan suyuqlik molekulasiga uchta kuch ta’sir qiladi.  $f_1$  kuch suyuqlik bug‘ chegarasida hosil bo‘ladi, suyuqlik sirtiga urinma bo‘ylab yo‘nalgan, u suyuqlik sirt taranglik koeffitsiyenti  $\sigma_{sh}$  orqali aniqlaniladi.  $f_2$  kuch qattiq jism suyuqlik chegarasida vertikal pastga yo‘nalgan bo‘lib, sirt taranglik  $\sigma_{qs}$  bilan aniqlaniladi. Suyuqlik berilgan qattiq jismni ho‘llash yoki ho‘llamasligi  $f_2$  va  $f_3$  demak,  $\sigma_{qs}$  bilan  $\sigma_{qb}$  o‘rtasidagi muosabatga bog‘liqdir.

Bunda ikki xil hol bo‘lishi mumkin:

1)  $\sigma_{qb} > \sigma_{qs}$ : bu shart bajarilganda suyuqlik qattiq jism sirtini ho‘llaydi. Natijada  $A$  nuqtada turgan suyuqlik molekulasi yuqoriga qarab harakatlanadi. Oqibatda suyuqlik sirti egrilanib botiq holga keladi (20-rasm).



20-rasm. Ho‘llamovch suyuqlik tomchisi boshqa suyuqlik sirtida



21-rasm. Ho'llovchi suyuqlik tomchisi qattiq jism sirtida

Suyuqlik molekulasini harakati to'xtashi uchun muvozanat bo'lishi kerak ya'ni,

$$\sigma_{qb} = \sigma_{qs} + \sigma_{sb} \cos \alpha$$

shart bajariladi.  $\alpha$  – suyuqlik sirtiga suyuqlik bilan qattiq jism tegishgan nuqtaga o'tkazilgan urinma bilan qattiq jism sirt orasidagi burchak bo'lib, bu burchakni **chegaraviy burchak** deb ataladi va u hamma holda suyuqlik tomondan hisoblanadi. Ho'llaydigan suyuqliklar uchun chegaraviy burchak o'tkir ( $\alpha < \frac{\pi}{2}$ ) burchak bo'ladi (21-rasm).

Agar qaysidir burchak suyuqlik va qattiq jism uchun  $\alpha = 0$  bo'lsa, shu suyuqlik berilgan qattiq jismni to'la (absolut) ho'llaydi. 1)  $\sigma_{qb} < \sigma_{qs}$ : Bu shart bajarilganda suyuqlik qattiq jismni ho'llamaydi. Bunda suyuqlik sirti qavariq holga keladi (22-rasm), bu holda muvozanat bo'lishi uchun

$$\sigma_{qs} = \sigma_{qb} + \sigma_{sb} \cos(180^\circ - \alpha)$$

shart bajariladi.



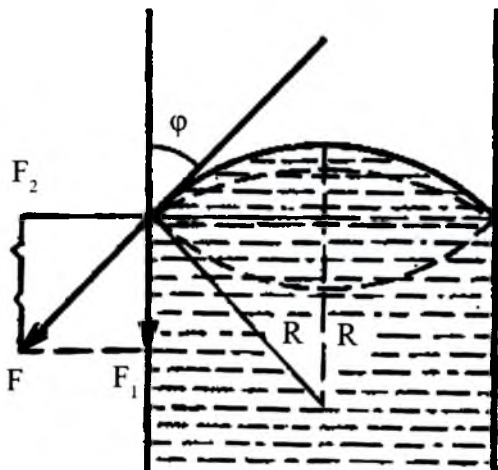
22-rasm. Ho'llamovchi suyuqlik tomchisi qattiq jism sirtida



23-rasm. Ho'llamovchi suyuqlik kichik teshiklardan oqmaydi

Shunday qilib, qattiq jismni suyuqlik ho'llamasa chegaraviy burchak o'tmas ( $\alpha > \frac{\pi}{2}$ ) bo'lib, mutlaqo (absolut) ho'llanmaydigan suyuqliklar uchun  $\alpha = 180^\circ$  ga teng.

Shunday qilib, suyuqlik ho'llovchimi yoki ho'llovchi emasmi bundan qat'i nazar, suyuqlik sirti egri (qavariq yoki botiq) bo'lar ekan. Suyuqlik sirtining egriligi natijasida suyuqlikda **Laplas bosimi** deb nomlangan bosim vujudga keladi. Shu hodisa bilan tanishib chiqaylik. Faraz qilaylik, radiusi  $r$  bo'lgan silindrsimon idishda ho'llanmaydigan suyuqlik bo'lsin. Bu suyuqlik sirti egrilik radiusi  $R$  bo'lgan sferaning bir qismi bo'lsin (24-rasm).



24-rasm.laplas bosimini kuzatish

Suyuqlik sirt taranglik kuchi  $F$  bo'lsa, uning tashkil etuvchilari  $F_1$  idish devoriga tik yo'nalgandir,  $F_2$  suyuqlik ichki tomoniga tik yo'nalgandir. Bunday  $F_1$  kuchlar perimetri bo'yicha ta'sir qilib, bu kuchlar yig'indisi  $\Sigma F_1$  suyuqlik kesim yuzi  $\pi r^2$  ga ta'sir qilib bosim hosil bo'ladi:

$$P = \frac{\sum F_1}{\pi r^2}$$

24-rasmdan  $F_1 = F \cos \varphi$ ;  $F = 2\pi r \sigma$  ekanini hisobga olsak,

$$P = \frac{2\pi r \sigma}{\pi r^2} = \cos \varphi = \frac{2\sigma}{r} \cos \varphi$$

$\cos \varphi = \frac{r}{R}$  ekanini hisobga olsak,

$$P = \frac{2\sigma}{R}$$

bo'ladi. Bu formulaga **Laplas formulasi** deyiladi va sirt taranglik koeffitsiyenti, sirt egrilik radiusi  $R$  bo'lgan suyuqlikda hosil bo'layotgan qo'shimcha bosimni ifodalaydi.

Ho'llovchi suyuqlik uchun ham bu formula o'rinli bo'lib, bosim kuchi suyuqlik ichidan sirt tomonga yo'nalgan bo'ladi. Shunday qilib, Laplas bosimi hisobiga ho'llovchi suyuqliklar cho'zilsa, ho'llamaydigan suyuqliklar siqiladi.

Agar ichki radius  $R_1$ , tashqi radiusi  $R_2 \approx R_1 \approx R$  bo'lgan qatlamli pufakcha qaralayotgan bo'lsa, Laplas bosimi quyidagicha ifodalalanadi:

$$p = \frac{2\sigma}{R_2} + \frac{2\sigma}{R_3} = \frac{4\sigma}{R}.$$

Agar suyuqlik sirti egrilik radiusi  $R_1$  va  $R_2$  bo'lgan tekislikdan iborat bo'lsa, Laplas bosimi



$$p = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

silindrik sirt uchun biri cheksiz bo'lganligidan  $R_1$  yoki  $R_2$  dan biri cheksiz bo'lganligidan,  $p = \frac{\sigma}{R}$  bo'ladi. Agar ingichka naychani keng idishdagi suyuqlikka tushirsak, bu ikki idish o'zaro tutash idish bo'lib qoladi. Ana shu tutash idishlardagi suyuqlik ustuni balandligiga Laplas bosimi qanday ta'sir qilishini ko'raylik.

Laplas formulasi  $p = \frac{2\sigma}{r} \cos \varphi$  dan ko'rinadiki, tutash idishlarni hosil qilayotgan naychalardan qaysi birining radiusi kichik bo'lsa, shu qismdagi suyuqlikka bo'layotgan bosim katta bo'ladi. Faraz qilaylik, naychalardan birining radiusi  $R$ , ikkinchisining  $r$  bo'lsa (21-rasm), hosil bo'layotgan Laplas bosimi mos ravishda

$$p_1 = \frac{2\sigma}{R} \cos \varphi$$

va

$$— \cos$$

bo'ladi. Naycha uchlari ochiq bo'lsa, keng naychadagi suyuqlikka ta'sir qilayotgan bosim

$$p_1 = \frac{2\sigma}{R} \cos \varphi + p_{atm}$$

ingichka naychadagi suyuqlikka ta'sir qilayotgan bosim

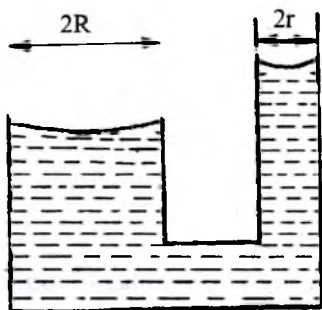
$$p_2 = \frac{2\sigma}{r} \cos \varphi + p_{atm}$$

bo'ladi. Suyuqlik muvozanatda bo'lsin uchun bu ikki tomonga bo'layotgan bosim teng bo'lishi kerak. Agar  $R \gg r$  desak, u vaqtda ingichka naychadagi Laplas bosimi katta bo'lib,

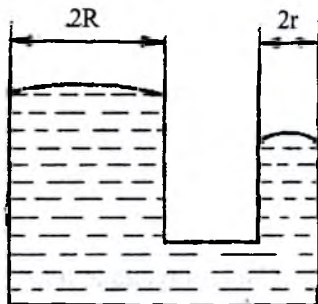
$$2\sigma\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\cos\varphi$$

bosim farqi hosil bo'ladi. Agar suyuqlik ho'llaydigan bo'lsa, bu bosim kuchi farqi suyuqlik ichidan tashqari tomonga yo'nalgan bo'lganligidan, ingichka naychadagi suyuqlik sathi yo'g'on naychadagi suyuqlik sathidan yuqori bo'ladi (25-rasm).

Agar suyuqlik ho'llamaydigan bo'lsa, bosim farqi suyuqlik tomon yo'nalganligidan ingichka naychadagi suyuqlik sirti pastroq bo'ladi (26-rasm). Shundagina Paskal qonuni bajarilib, suyuqlik muvozanatda bo'ladi.

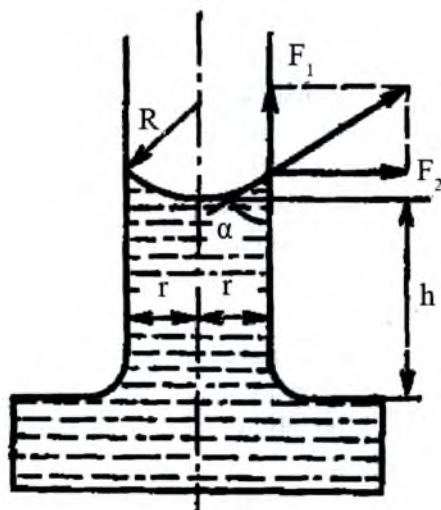


25-rasm. Ho'llaydigan suyuqlikda laplas bosimi



26-rasm. Ho'llamaydigan suyuqliklarda laplas bosimi

Suyuqliklar sirti balandligi nimaga bog'liqligini ko'raylik. Suyuqlik sirtlari orasidagi balandlik shunday bo'lishi kerakki, bu balandlikka mos kelgan suyuqlik ustunning gidrostatik bosimi, egriliklari har xil bo'lgan sirtlarda hosil bo'layotgan Laplas bosimlari farqiga teng bo'lishi kerak,



27-rasm. Kapillarlik hodisasini kuzatish.

(27-rasm) ya'ni:

$$\frac{2\sigma}{r} \cos \varphi - \frac{2\sigma}{R} \cos \varphi = \rho gh.$$

Agar  $R \rightarrow \infty$  bo'lsa,

$$\frac{2\sigma}{r} \cos \varphi = \rho gh$$

bo'ladi. Bu tenglikdan,

$$p = \frac{2\sigma}{r \cos \varphi}.$$

Bu formula **Jyuren formulasi** deb ataladi. Bu formuladan ko'rinadiki, ayni bir suyuqlik radiusi kichik bo'lgan naychalarda baland - roq ko'tarilar ekan. Shunday kichik radiusga ega bo'lgan naychalarga **kapillar naychalar** deyiladi. Ularda suyuqlikning ko'tarilishi

yoki pastga tushish hodisasi **kapillarlik hodisasi** deyiladi. Kapillarlik kuzatilishi uchun kapillar naychalar diametri juda kichik, millimetr ulushlariga teng bo'lishi kerak.

Shundagina suyuqlik sirti gorizontall (Laplas bosimi nol) bo'lmay, uning egrilik radiusi naycha radiusiga deyarli teng (Laplas bosimi katta) bo'ladi. Kapillarlik hodisasi tabiatda keng tarqalgan bo'lib, ko'pgina jarayonlarda hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Masalan, kapillarlik asosida yerdagi suyuqlik o'simlikning shox va barglariga ko'tariladi. To'qimalar kapillar naychalarni hosil qiladi. Daraxt ildizida kapillar naychalar bo'lib, bular orqali suyuqlik ko'tariladi va o'simlik tanasi bo'yicha tarqaladi. Qotgan yerda kapillar naychalari hosil bo'lib, ulardan chuqurlikdagi suv ko'tarilib, bug'lanish sodir bo'ladi.

Tez bug'lanishning oldini olish uchun yer haydalib, tekislanadi, shu bilan kapillar naychalar buziladi. Yerdagi namlik imorat devorlari bo'yicha ko'tarilganligini ko'pchilik kuzatadi. Bu hodisaning sababi ham kapillarlikdir. Qon tomirlari kapillar vazifasini o'tab, qon aylanishi bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar ham kapillarlik asosida bo'ladi.

Molekular kinetik nazariyadan ma'lumki, suyuqlik molekulalari betartib issiqlik harakatida bo'ladi. Ayrim molekulalarning tezligi kattaroq bo'lsa, boshqalariniki kichikroq bo'lib, molekulalarining kvadratik o'rtacha tezligi suyuqlik haroratining qiymatiga mutanosib bo'ladi. Molekulalar betartib harakat qilishi natijasida suyuqlik ichki qismidagi molekulalar suyuqlik sirtiga kelib, suyuqlik sirtidagi molekulalar bilan o'rin almashishadi. Shunday qilib, suyuqlik sirtidagi va ichki qismidagi molekulalar uzluksiz almashinib turadi. Suyuqlik ichki qismidan suyuqlik sirtiga kelgan molekulalar suyuqlikni tashlab ketishi mumkinmi? Suyuqlik ichidagi molekula suyuqlik sirtiga kelib, undan chiqib ketishi uchun ma'lum bir miqdorda ish bajarishi kerak. Bu ish molekular ta'sirni yengishga sarflanib, **bug'lanish ishi** ( $A_n$ ) deb yuritiladi. Bu ish molekulalarining kinetik energiyasi hisobiga bajariladi.

Kinetik energiya tezlikka bog'liqligini hisobga olsak, moleku-

la bug‘lanishi uchun umuman tezligi emas, shu tezlikni suyuqlik sirtiga tik tashkil etuvchisi  $v_n$  rol o‘ynaydi. Shunday qilib, qaysi molekula uchun

$$\frac{mv_n^2}{2} > A_b$$

shart bajarilsa, shu molekula suyuqlikni tashlab ketadi. Suyuqlikdan chiqqan har bir molekula o‘zi bilan

$$\varpi = \frac{3}{2} kT$$

issiqlik harakati energiyasini olib ketar ekan, natijada suyuqlik soviydi. Shunday qilib, o‘zgaras haroratda suyuqlik bug‘lanishi uchun unga tashqaridan energiya berib turilishi kerak. Bu energiya suyuqlik haroratini ko‘tarmay, bug‘lanish ishiga sarflandi. Shuning uchun bu energiyani yashirin ichki bug‘lanish issiqligi deb yuritiladi. Bu issiqlikni  $\lambda_i$  bilan belgilaylik. Bu ishdan tashqari suyuqlikda ma‘lum  $V_c$  hajmni egallab turgan molekularlar bug‘langanda ularning hajmi  $V_b$  bo‘lib qoladi. Bu hajm o‘zgarishi bug‘ bosimi ( $p$ ) ostida bo‘ladi. Bunda bajarilgan ish  $p(V_b - V_c)$  bo‘lib, bunga ekvivalent issiqlikni **tashqi bug‘lanish issiqligi** deyiladi. Shunday qilib, umumiy bug‘lanish issiqligi ichki va tashqi bug‘lanish issiqliklarining yig‘indisidan iborat, ya‘ni:

$$\lambda = \lambda_i + p(V_b - V_c)$$

1 kg massali suyuqlik o‘zgaras haroratda bug‘lanishi uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdorini solishtirma bug‘lanish issiqligi deyiladi. Agar 1 kilomol suyuqlik o‘zgaras haroratda suyuqlikka aylantirilayotgan bo‘lsa, buning uchun kerak bo‘lgan issiqlikni **molar bug‘lanish issiqligi** deyiladi. (1) tengsizlik hamma molekular uchun ham o‘rinli bo‘lavermaydi.

Shuning uchun ham suyuqlik ichidan suyuqlik sirtigacha kelgan

molekulalarning bir qismi yana suyuqlik ichiga qaytadi. Suyuqlik sirtining birlik yuzasidan birlik vaqtda chiqayotgan molekulalar soni **bug‘lanishning intensivligini** ko‘rsatadi. Suyuqlik harorati qancha baland bo‘lsa, ( $T < T_{kp}$ ) bug‘lanish intensivligi ham shuncha katta bo‘ladi. Bug‘ tomondan suyuqlik tomonga kelayotgan molekulalar sirtidan deyarli qaytmay suyuqlikka o‘tadi. Har bir birlik yuza orqali birlik vatqda bug‘dan suyuqlikka o‘tayotgan molekulalar soni **bug‘ning kondensatsiyalanish intensivligini** ko‘rsatadi. Agar yopiq idishda yetarli darajada suyuqlik bo‘lsa, suyuqlikning hammasi bug‘lanmaydi. Berilgan haroratda shunday holat vujudga keladiki, suyuqlikdan bug‘ga o‘tayotgan molekulalar soni kondensatsiyalanayotgan molekulalar soniga teng bo‘lib qoladi. Bu holatni **suyuqlik va bug‘ o‘zaro dinamik muvozanatdagi holat** deb yuritiladi. Dinamik muvozanat holatida suyuqlik va bug‘ massasi o‘zgarmas bo‘ladi. O‘z suyuqligi bilan dinamik muvoznatda bo‘lgan bug‘ni **to‘yingan bug‘** deyiladi.

Harorat ortsa, bug‘lanish, demak, kondensatsiya intensivligi ham ortadi. Harorat qancha yuqori bo‘lsa, to‘yingan bug‘ zichligi, demak, bosimi ham shuncha katta bo‘ladi. Berilgan suyuqlik uchun berilgan haroratda uning to‘yingan bug‘i bosimi o‘zgarmas bo‘lib, bug‘ning egallagan hajmiga bog‘liq emas. Shuni aytish kerakki, bug‘lanish sirtining katta-kichikligi to‘yingan bug‘ bosimi kattaligiga ta’sir qilmaydi va faqat dinamik muvozanatni sodir bo‘lish vaqtiga ta’sir qiladi.

Bug‘lanish harorati qancha yuqori bo‘lsa, yashirin bug‘lanish issiqligi shuncha kichik bo‘ladi va kritik haroratda u nolga teng bo‘ladi. To‘yingan bug‘ bosimi esa kritik haroratda eng katta bo‘ladi. Bug‘ga aylanish va kondensatsiya hodisasi namlikni aylanishi va issiqlik almashish jarayonida katta rol o‘ynaydi. Suv havzalari sirtidan suvning bug‘lanishi oqibatida atmosferada hamma vaqt suv molekulalari mavjuddir. Atmosfera tarkibida suv molekulalarining bo‘lishiga namlik deyiladi. Atmosferadgi bug‘ning kondensatsiyalanishi natijasida Yer yuzasida shudring (salqin kunlarda qirov) hosil bo‘ladi. Yer qatlamiga yaqin joylarda tuman, atmosferaning

yerdan yuqoriroq qismlarida bulut hosil bo‘ladi. Bug‘lanish faqat suv sirtidagina bo‘lmay, o‘simlik bargi va odam tanasi sirtidan ham bo‘ladi. Masalan, odam organizmidan ham sutkada bir kilogrammdan ikki kilogrammgacha suv bug‘lanadi.

Atmosferadagi suv bug‘larining miqdoriga qarab havo namligi o‘zgaradi. Havoning namligi quyidagi tavsiflar bilan aniqlaniladi:

1)absolut namlik ( $p_a$ ) – havoning birlik hajmidagi suv bug‘i miqdori bilan tavsiflanadi va  $kg/m^3$  larda o‘lchanadi;

2)maksimal namlik  $p_\mu$  – berilgan haroratda to‘yingan bug‘ga tog‘ri kelgan havoning hajm birligidagi suv bug‘i miqdori;

3)nisbiy namlik ( $B$ ) – absolut namlik maksimal namlikning qancha qismini tashkil etganligini ko‘rsatib, foiz hisobida ifodalaniladi;

$$B = \frac{P_a}{P_\mu} \cdot 100\%,$$

4)Shudring nuqtasi – bu shunday haroratki, bu haroratda suv bug‘i to‘yingan bo‘lib qoladi. Shudring nuqtasida havodagi suv bug‘larining kondensatsiyalanishi boshlanadi.

**p = 760 mm sim ust bosimida 1 m<sup>3</sup> suv bug‘lari bilan to‘yingan havodagi suvning miqdori**

| Harorat,<br>°C | Suv<br>miqdori,<br>gramm | Harorat,<br>°C | Suv<br>miqdori,<br>gramm | Harorat,<br>°C | Suv<br>miqdori,<br>gramm |
|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| 0              | 4,84                     | 14             | 11,96                    | 28             | 26,93                    |
| 1              | 5,18                     | 15             | 12,71                    | 29             | 28,45                    |
| 2              | 5,54                     | 16             | 13,50                    | 30             | 30,04                    |
| 3              | 5,92                     | 17             | 14,34                    | 31             | 31,70                    |
| 4              | 6,33                     | 18             | 15,22                    | 32             | 33,45                    |
| 5              | 6,76                     | 19             | 16,14                    | 33             | 35,27                    |

|    |       |    |       |    |       |
|----|-------|----|-------|----|-------|
| 6  | 7,22  | 20 | 17,32 | 34 | 37,18 |
| 7  | 7,70  | 21 | 18,14 | 35 | 39,18 |
| 8  | 8,21  | 22 | 19,22 | 36 | 41,3  |
| 9  | 8,76  | 23 | 20,35 | 37 | 43,5  |
| 10 | 9,33  | 24 | 21,54 | 38 | 45,8  |
| 11 | 9,93  | 25 | 22,80 | 39 | 48,2  |
| 12 | 10,57 | 26 | 24,11 |    |       |
| 13 | 11,25 | 27 | 25,49 |    |       |

Qaynash bu shunday jarayonki, bug‘lanish faqat suyuqlik sirtidagina intensiv bo‘lmay, balki suyuqlikning butun hajmi bo‘yicha suyuqlikdagi bug‘ pufakchalari ichida ham bug‘lanish bo‘ladi. Qaynayotgan suyuqlikda bug‘ pufakchalari o‘lchamligi tez ortadi va suyuqlik sirtiga chiqib tez yoriladi va o‘ziga xos tovush chiqaradi.

Bug‘ pufagi suyuqlik sirtiga chiqishi uchun bu pufak ichidagi to‘yingan bug‘ bosimi  $p_i$  tashqi bosim  $p_0$  bilan gidrostatik bosim  $\rho gh$  va Laplas bosimlari yig‘indisiga teng bo‘lishi kerak. Agar pufak ichida havo va bug‘ bo‘lsa, u vaqtda pufak ichidagi bosim pufakdagi to‘yingan bug‘ bosimi  $p_T$  va havo bosimi  $\frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V}$  dan iborat

bo‘ladi. Shunday qilib, qaynash shunday haroratda bo‘ladiki, bu haroratda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$p_T + \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V} \geq p_0 + \rho gh + \frac{2\sigma}{r}.$$

Bu formulada  $r$  – pufakcha radiusi,  $\rho$  – suyuqlik zichligi,  $h$  – pufakchadan suyuqlik sirtigacha bo‘lgan balandlik,  $V$  – pufakcha hajmi,  $\sigma$  – suyuqlik sirt taranglik koeffitsiyenti. Agar pufakcha ichida havo bo‘lmasa, yuqoridagi ifodani quyidagicha yozish mumkin:



$$p_T \geq \rho gh + \frac{2\sigma}{r} + p_0.$$

Bu formuladan ko‘rinadiki, tashqi bosim ortishi bilan suyuqlikda qaynash sodir bo‘lishi uchun to‘yingan bug‘ bosimi ( $p_T$ ) ham ortishi kerak. To‘yingan bug‘ bosimi ortishi uchun suyuqlik harorati ortishi kerak. Shunday qilib, tashqi bosim ortishi bilan qaynash harorati ham ortadi va aksincha. Yuqori tog‘lik joylarda atmosfera bosimi kam bo‘lganligidan suv  $100^\circ\text{C}$  dan past haroratda qaynaydi. Masalan, 5 km balandlikda suvning qaynash harorati  $82^\circ\text{C}$  atrofida bo‘ladi.

Umuman, suyuqlikning qaynashida unda erigan havo pufakchalari katta rol o‘ynaydi. Agar suyuqlik ana shunday havo pufakchalaridan va changlardan tozalansa, uning qaynash harorati ham ko‘tarilib, o‘ta qizigan suyuqlik bo‘lib qoladi.

### V.3.Suyuqlik va bug‘ muvozanati:

Real gazlar holat tenglamasini o‘rganganda biz suyuqlik va gaz (bug‘) o‘rtasida muvozanat bo‘lishi mumkinligi to‘g‘risida fikr yuritgan edik. Agar sistemada suyuqlik va bug‘ bo‘lsa, holatlar o‘rtasida faqat issiqlik almashishgina bo‘lmay, molekulalar uzluksiz ravishda suyuqlikdan bug‘ga va bug‘dan qayta suyuqlikka o‘tib turadi.

Endi savol tug‘iladi, agar sistemaning ayrim qismlari orasida zarra almashishi bo‘layotgan bo‘lsa, qanday shart bajarilganda bu sistemaning muvozanati bo‘ladi?

Agar sistemadagi zarrachalar soni o‘zgaramayotgan bo‘lsa, ichki energiya o‘zgarishi

$$dU = TdS - pdV.$$

Agar zarrachalar soni  $N$  o‘zgarayotgan bo‘lsa,

$$dU = TdS - pdV + \mu dN$$

$\mu$  koeffitsiyent sistemaning **kimyoviy potentsiali** deb yuritiladi. Kimyoviy potentsialning fizik ma'nosi shuki, u bitta zarrachaga to'g'ri kelayotgan erkin energiyani ko'rsatib bosim ( $p$ ) va harorat ( $T$ ) ga bog'liqdir. Sistemadagi ikki faza (suyuq va bug') o'rtasida muvozanat bo'lishi uchun  $T_1 = T_2$ ;  $p_1 + p_2$ ;  $\mu_1 = \mu_2$  shart bajarilishi kerak.

Bosim ( $p$ ) va harorat ( $T$ ) o'rtasidagi munosabatni ko'rsatuvchi diagrammadagi  $\mu_1 = \mu_2$  shart bajariluvchi nuqtalarning geometrik o'rnini birlashtirishdan hosil bo'luvchi chiziqqa **fazalar** (suyuqlik va bug') **muvozanati egriligi** deyiladi.

Agar harorat va bosim shunday bo'lsaki, bunda  $\mu_1 < \mu_2$  bo'lsa, hamma molekulalar 1 fazaga, agar  $\mu_1 > \mu_2$  bo'lsa, hamma zarra-chalar 2 fazaga o'tganda muvozanat sodir bo'ladi. Endi bosimning o'zgarishi fazaviy o'tish haroratiga, masalan qaynash haroratiga qanday ta'sir qilishni ko'raylik. Bosimni o'zgarishi bilan haroratni o'zgarishi orasidagi qonuniyat

$$dT = T \frac{v_g - v_b}{\lambda} dp$$

formula bilan beriladi. Bu tenglamada  $v_g$  va  $v_b$  mos ravishda suyuqlik va to'yingan bug'ning  $T$  haroratdagi solishtirma hajmi,  $\lambda$  esa solishtirma bug'lanish issiqligi. Klapeyron-Klauzius tenglamasi istalgan birinchi tur fazaviy o'tishlarga o'rinli bo'lib, bosim o'zgarishi bilan fazaviy o'tish haroratining o'zgarishi  $dT$  ni hisoblashga imkon beradi. Agar bu tenglamani suvning qaynashiga tatbiq qilsak, bug'ning solishtirma hajmi hamma vaqt suvning solishtirma hajmidan katta  $v_g > v_b$  shuning uchun tenglamaning o'ng tomoni musbat bo'ladi. Demak, bosim o'zgarishi ( $dP$ ) va harorat ( $dT$ ) o'zgarishi bir xil ishorali bo'ladi. Bundan, **bosim ortishi bilan suvning qaynash harorati ortadi** degan fikrga kelamiz.

Muzning erishi qaraladigan bo'lsa, suvning solishtirma hajmi muz solishtirma hajmidan (anomaliya hisobga olinmasa) kichik. Demak, **bosim ortishi bilan muzning erish harorati kamayadi**.

Klapeyron-Klauzius tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{(v_b - v_s)}$$

$v_b$  – bug‘,  $v_s$  – suyuqlikning solishtirma hajmi, past haroratlarda ( $v_b \gg v_s$ ) bug‘ni ideal gaz qonunlariga bo‘ysunadi deb hisoblasak bo‘ladi ( $v_b = RT/P$ ). Demak, yuqoridagi tenglamadan

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda p}{RT^2},$$

Bundan,

$$d(\ln p) = -d \frac{\lambda}{RT},$$

$$p = \frac{const}{e^{\frac{\lambda}{RT}}}.$$

Bundan ko‘rinadiki, harorat ortishi bilan to‘yingan bug‘ bosimi keskin ortadi va  $P(T)$  bog‘lanishni tavsiflovchi egrilik kritik haroratda tugaydi.

#### V.4. Erish va qotish. Fizikaviy kimyoviy tahlil

Faraz qilaylik, yopiq idishda biror miqdor suv va uning havo bilan aralashgan bug‘i bo‘lsin. Bu sistema bu holda ikki fazali bo‘lib, suv bug‘ining havo bilan aralashmasi bitta fazani, suv esa ikkinchi fazani tashkil qiladi. Agar suvga kichik muz bo‘lakchasi tashlansa, sistema uch fazadan qattiq (muz), suyuq (suv) va gaz (suv bug‘i va havo) lardan iborat bo‘ladi. Uch fazadan iborat sistemaga biror miqdordagi suv qo‘shilsa, u shu zahotiy oq suv bilan aralashib, fizik jihatdan bir jinsli bo‘lgan moddani tashkil qiladi, sistemadagi

fazalar soni esa o'zgarmaydi. Agar unga bir necha tomchi simob tomizilsa u suv bilan aralashib keta olmaydi. Sistemada ikki suyuq faza vujudga keladi.

Shunday qilib, bir necha suyuq va bir necha qattiq fazalar hosil qilish mumkin. Lekin har xil fazali gazlar bo'lmaydi, chunki gazlar tartibsiz harakati tufayli, o'zaro aralashib fizik jihatdan bir jinsli bo'lgan gaz moddasini, ya'ni bitta fazani tashkil qiladi. Bir necha fazadan iborat bo'lgan sistemaning harorati hamma vaqt o'zgarmas bo'lsa, sistema issiqlik muvozanatda, bir-birlariga tegib turgan ikki faza chegarasidagi bosim har ikkala tomonda ham bir xil bo'lsa, bunday sistema mexanik muvozanatda deyiladi. Biroq keyingi shart ikki faza chegaralari yassi bo'lgandagina to'g'ri bo'ladi. Agar ikki faza chegarasi egri sirtidan iborat ekan (qavariq yoki botiq), bu sirtlar ostida vujudga keladigan qo'shimcha bosim tufayli yuqoridagi shart o'rinli bo'lmaydi. Suyuqlik va uning bug'i chegarasidagi sirtida muvozanat holatda vujudga keladigan qo'shimcha bosim Laplas formulasi orqali hisoblaniladi. Lekin bosim va haroratning ikki faza chegarasida (suyuqlik va bug') birday bo'lishi sistema muvozanatda degan gap emas. Demak, sistemadagi fazalar o'zaro muvozanatda bo'lishi uchun bu fazalarning massalari ham har doim o'zgarmay qolishi kerak, chunki bir faza ikkinchi fazaga o'tib turishi natijasida bitta faza o'sib, ikkinchi faza butunlay yo'qolib ketishi ham mumkin. Xuddi shunday fazaviy o'zgarishlar moddalarning agregat holatlarida ham bo'ladi. Moddaning qattiq, suyuq va gaz holatlari agregat holatlar bo'ladi.

Gaz holatdan qattiq yoki suyuq holatga o'tishi kondensatsiya deyiladi. Qattiq holatdan to'g'ridan to'g'ri gaz holatga o'tish hodisasiga sublimatsiya yoki haydash deyiladi. Sublimatsiyaga misol qilib, ho'l kiyimlarning sovuqda tez qurishini va muzning bug'ga aylanishini ko'rsatish mumkin. Qattiq holatdan suyuq holatga o'tish **erish** va aksincha suyuq holatdan qattiq holatga o'tish **qotish** yoki **kristallanish** deb ataladi. Har xil moddalarning kristall holatdan suyuq holatga va suyuq holatdan kristall holatga o'tishi biror miqdor issiqlikni yutishi yoki chiqarishi bilan bog'liq.

Kristall qattiq jismlarning erish va qotish harorati bo'lib, ular tashqi sharoitiga juda ham bog'liqdir. Masalan, ba'zi bir moddalar eriganda ularning hajmi ortadigan bo'lsa, bunday jismlar uchun bosim ortishi bilan erish harorati ham ko'tariladi. Shunday qilib, erigan modda bosimi ortishi bilan yana qotib qolishi ham mumkin.

Agar modda erigan vaqtda hajm kamayadigan bo'lsa, bunday jismlarda bosim ortishi bilan kristallanish harorati pasayadi. Bosim ortishi bilan qattiq modda suyulib qoladi. Erigan vaqtda hajmi ortadigan moddalar juda yuqori bosimda, harorati kritik haroratdan yuqori bo'lganda ham qattiq agregat holatda saqlanib turishi mumkin. Masalan, xlorli fosfor  $205 \cdot 10^6 \text{ Pa}$  bosim,  $102^\circ\text{C}$  haroratda ham qattiq holatda bo'ladi. Vaholanki, bosim  $75 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  bo'lganda, uning kritik harorati  $50^\circ\text{C}$  bo'ladi va hokazo.

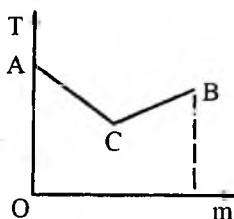
Fazaviy o'tishlarga misol qilib kondensatsiya va bug'lanishni ko'rsatish mumkin. Yopiq idishda biror miqdor suv va uning bug'i bo'lsin. Idishning hajmi o'zgarmas bo'lib, harorat birday saqlansin. Molekulalar betartib harakat qilib, ikki faza chegaralangan sirtidan bug'da suyuqlikka yoki suyuqlikdan bug'ga o'tib turadi.

Shunday qilib, bu ikki fazaning molekulalari uzluksiz ravishda almashinib turadi. Agar suyuqlikdan bug'ga o'tayotgan molekulalarning soni, bug'dan suyuqlikka o'tayotgan molekulalarning soniga qaraganda ko'p bo'lsa, u holda suyuq fazaning miqdori kamayib, bu jarayon **bug'lanish** deyiladi.

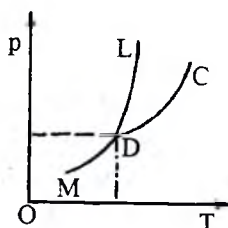
Suyuqlik ustiga bug' o'ta to'yingan yoki qizigan bo'ladi. Aksincha, agar gaz fazadan suyuq fazaga o'tayotgan molekulalarning soni, suyuq fazadan gaz fazaga o'tayotgan molekulalarning sonidan ko'p bo'lsa, **kondensatsiya jarayoni** ro'y beradi va nihoyat o'zaro fazalarga o'tayotgan molekulalarning soni bir-biriga teng bo'lsa, **dinamik muvozanat** vujudga keladi. Bunday holda fazalar dinamik muvozanatda bo'lib, har bir fazada o'rtacha hisobda moddaning miqdori o'zgarmaydi. Suyuqlik bilan uning to'yingan bug'i, qattiq va suyuq fazalari ustida qilingan Karno siklidan foydalanib, tashqi bosimning  $d$ portishiga mos bo'lgan harorat  $o'zgarishi \, dT$  ni yuqoridagi tenglamadan topish mumkin:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T(v_b - v_s)}$$

Bunda  $\lambda$  – bug‘lanish issiqligi,  $V_b$  va  $V_s$  lar mos ravishda bug‘ va suyuq yoki suyuq va qattiq fazalarning solishtirma hajmlari va  $dp$  aralashmaga ta‘sir etayotgan bosim.



**28-rasm. Erish (kristallanish) haroratining konsentratsiyaga bog‘liqligi**



**29-rasm. Erish (kristallanish) haroratining bosimga bo‘liqligi.**

Kristallanish yoki erish harorati moddaning tozaligiga ham bog‘liqdir. Ba‘zi hollarda biror moddaga ozgina miqdorda boshqa moddaning qo‘shilishi erish haroratining pasayishiga sabab bo‘ladi. Masalan, qotishma  $A$  va  $B$  elementlardan iborat bo‘lsin deylik. Absissa o‘qi bo‘yicha qotishmaning miqdori, ordinata o‘qi bo‘yicha esa qotishma konsentratsiyasiga mos bo‘lgan erish harorati ko‘rsatilgan bo‘lsin (28-rasm).

$A$  va  $B$  moddalarning mos ravishda  $m_A$  va  $m_B$  bo‘lib,  $B$  nuqta sof  $B$  moddaning erish harorati  $T_B$  ni ko‘rsatsin deylik. U holda konsentratsiya  $B$  nuqtada  $\frac{m_B}{m_A + m_B} = 1$  ga teng. Xuddi, shuningdek,  $A$

nuqtada sof  $A$  moddaning erish harorati  $T_A > T_B$  bo‘lib, konsentrat-

siya  $\frac{m_B}{m_A + m_B} = 1$  ga teng bo‘ladi. Qotishmaning erish harorati  $C$

nuqtada  $T_C$  bo'ladi va  $T_C < T_B < T_A$  tengsizlik o'rinli bo'ladi. Mana shu nuqtaning  $C$  nuqtaga to'g'ri keluvchi tarkibi, **evtektik tarkib** deyiladi. Rasmdan ko'rinadiki, juda qiyin eriydigan ( $A$ ) moddaga ham, oson eriydigan ( $B$ ) moddaga ham boshqa komponentning qo'shilishi erish (kristallanish) haroratini pasaytiradi.

Berk idishda suyuqlik va uning ustida shu suyuqlikning to'yingan bug'i bo'lsin. Sistemaning hajmini o'zgarmas saqlab, uning haroratini pasaytirsak, bug'larning bosimi ham kamayib boradi. Haroratga qarab bosimning o'zgarishi ( $PT$ ) diagrammada  $CD$  chiziq orqali tasvirlangan (29-rasm).

Jarayonni shu tariqa davom ettirsak, to'yingan bug' ostidagi suyuqlikning qotishi  $D$  nuqtaga to'g'ri keladi. Bu nuqtadagi harorat va bosimda sistemadan issiqlik olish davom ettirilgani bilan, hajmi suyuqlik qattiq holatga o'tguncha o'zgarmaydi.

Hamma suyuqlik qattiq holatga o'tgach, uning ustidagi to'yingan bug' ilgarigidek mavjud bo'ladi. Agar sistemadan issiqlik olish davom ettirilsa, harorat va bosim ham kamayadi, diagrammada bu chiziq  $DM$  bilan tasvirlangan. **Kristallanish davomidagi sistemadan olingan issiqlik kristallanish yoki erish issiqligi deyiladi.**

Shunday qilib,  $D$  nuqtada ikki chiziq  $CD$  va  $DM$  lar uchrashadi, ya'ni qattiq modda ustidagi to'yingan bug'ning bosimini haroratga bog'liqligini ifodalovchi  $DM$  chiziq bilan shu moddaning suyuq holatidagi  $CD$  to'yingan bug'i bosimining haroratga bog'liqligini ko'rsatuvchi  $CD$  chiziqlar kesishadi. Shu nuqtaning ( $D$ ) abssissasiga to'g'ri keluvchi haroratlardan past haroratlarda bug' faqat qattiq jism bilan muvozanatda, undan katta haroratlarda esa suyuqlik bilan muvozanatda bo'ladi. Shu nuqtada moddaning uch holati: qattiq, suyuq va gaz fazalari o'zaro muvozanatda bo'ladi. Xuddi mana shu diagrammada  $P_D$  va  $T_D$  koordinatalar bilan ifodalangan nuqta **uchlanma nuqta** deyiladi. Bu nuqtada bir vaqtning o'zida modda - ning uch fazasi muvozanatda bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Erish harorati bilan to'yingan bug' bosimi orasidagi bog'larnishni ifodalovchi  $DL$  chiziq ham  $D$  nuqtadan o'tadi. 29-rasmdan ko'rinib turibdiki, bosim ortishi bilan erish harorati ham ortar ekan.

## **Savol va topshiriqlar**

1. *Bir komponentli sistemalarni tushuntirib bering.*
2. *Komponentlarning fazalar bo'yicha taqsimlanish muvozanat shartlari haqida bilasizmi?*
3. *Suvning holat diagrammasini tushuntiring.*
4. *Ikki komponentli sistemalarni tushuntiring.*
5. *Sisetamaning erkinlik darajalari soni nima?*
6. *Suyuqlik bilan bug' faza muvozanati holatini tushuntirib bering.*
7. *Bug'lanish nima?*
8. *Kristallanish deganda qanday jarayon tushuniladi?*
9. *Komponentlar soni nima?*
10. *Kondensatlangan fazalar qanday hosil qilinadi?*



## VI. BOB ERITMALAR

Qadimgi alkimyogarlarni «Kimyo tabiiy jismlarni qanday eritishni o'rgatadigan san'atdir» deb yozgan edilar. Kimyo faniga berilgan bu ta'rif juda tor ma'noda bo'lsa ham moddalarning kimyoviy o'zgarishida erish jarayonida juda katta ahamiyat kasb etadi.

Tarkibida ikki yoki undan ortiq modda bor bir jinsli sistemalar **eritmalar** deyiladi. Erish jarayoni bir modda molekullari yoki ionlari orasida oddiy taqsimlanishidagina iborat bo'lib qolmay, balki ayni moddalar orasida turli xil fizik va kimyoviy o'zaro ta'sirlar ham bo'lishi mumkin.

Eritmada qaysi moddaning miqdori ko'p bo'lsa, yoki qaysi modda o'z agregat holatini o'zgartirmagan bo'lsa, shu modda erituvchi qolgani esa **erigan modda** deyiladi.

Eritmalar erigan modda zarrachalarining o'lchami katta-kichikligiga qarab chin eritmalar kolloid eritmalar va dag'al dispers sistemalarga bo'linadi. Chin eritmada erigan modda zarrachalarining o'lchami  $1\text{ nm}$  ( $10^{-6}\text{ mm}$ ) dan kichik kolloid eritmada  $1\text{ nm}$  dan  $100\text{ nm}$  gacha, dag'al dispers sistemalarda esa  $100\text{ nm}$  dan katta bo'ladi.

Eritmalar agregat holatiga ko'ra uch guruhga bo'linadi:

**1. Gazlar aralashmasi (masalan havo);**

**2. Suyuq eritmalar;**

**3. Qattiq eritmalar (masalan, mis bilan nikel qotishmasi bu qotishmadan chaqa pul yasaladi);**

Xalq xo'jaligida, ayniqsa, qishloq xo'jaligida, asosan, suyuq eritmalar bilan ish ko'rilganligi sababli biz eritmalarini batafsil ko'rib chiqamiz. Suyuq eritmalar gazlarning suyuqlikdagi, suyuqliklarning suyuqlikdagi va qattiq moddalarning suyuqlikdagi eritmaları kiradi. Eritmaning eng muhim xarakteristikasi uning konsentratsiyasidir. Eritmaning muayyan miqdorda erigan modda miqdori **eritmaning konsentratsiyasi** deyiladi. Erigan moddaning

miqdori eritmaning massasiga yoki hajmiga nisbatan olinishiga qarab og'irlik yoki hajmiy konsentratsiya bo'ladi.

Eritmaning og'irlik konsentratsiyasi, odatda, jarayonlarda ifodalaniladi yoki hajmiy konsentratsiya bo'ladi. Eritmaning og'irlik konsentratsiyasi, odatda, foizlarda ifodalanadi yoki eritmaning zichligi bilan beriladi. Masalan, 100 gida 10 g tuz va 90 g suv bor eritma 10% li eritma deyiladi. Eritmaning moddaning massasi mollarda yoki l eritmadagi g ekvivalentlarida berilganligiga qarab hajmiy konsentratsiya molarlik yoki normallik bilan ifodalanadi. Agar 1 l eritmada  $n$  mol erigan modda bo'lsa, hajmiy konsentratsiya

$$C = \frac{n}{V}$$

ga teng. Hajmiy konsentratsiyasiga titr ham kiradi. 1 sm<sup>3</sup> eritmadagi erigan moddaning g lar soni bilan ifodalaniladigan va erigan modda molekulalarining qutblanganligiga katta ta'sir etadi. Qutblanganlik shundan iboratki, ayrim moddalar molekulasida elektr zaryadlar notekis taqsimlanganligi tufayli molekulaning bir qismida musbat zaryadlar ikkinchi qismida esa manfiy zaryadlar ko'payib qoladi.

Molekulaning qutblanganlik darajasini tushuntirish uchun dipol degan tushuncha kiritiladi. Kattalik jihatidan teng, lekin, ishorasi qarama-qarshi bo'lgan va bir-biridan ma'lum bir masofada turgan ikki elektr zaryad ( $e^-$  va  $e^+$  dan iborat sistema) dipol deyiladi. Zaryadlar o'lchamining ular orasidagi masofaga ko'paytmasi **dipol momenti** deyiladi. Va u  $m$  bilan ifodalaniladi.

$$\mu = q \cdot l$$

Dipol momenti SI sistemada km bilan ifodalaniladi (elektron zaryadi 1,6 K (kulonga) molekulaning chiziqli o'lchami esa 10<sup>-19</sup> m ga teng).

Ba'zi moddalar molekulalarining dipol momenti qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

| T/r | Molekula   | $\mu \cdot 10^{-16}$ | Molekula     | $\mu \cdot 10^{-16}$ |
|-----|------------|----------------------|--------------|----------------------|
| 1   | $C_6N_6$   | 0                    | $CH_3OH$     | 1,68                 |
| 2   | HCl        | 1,03                 | $CH_3CH_2OH$ | 1,70                 |
| 3   | $NH_3$     | 1,46                 | $CH_3COOH$   | 1,73                 |
| 4   | $CH_2Cl_2$ | 1,55                 | $H_2O$       | 1,84                 |

Eritmalarning qutblanganlik darajasi ularning dielektrik doimiy-si (dielektrik singdiruvchanligiga) degan kattalik bilan ham bahol-anadi. Bu kattalik ikki elektr zaryad orasidagi tortilish yoki itarilish kuchi ayni muhitda vakuumdagina ( $\epsilon = 1$ ) qancha kichik ekanligini ko'rsatadi. Odatda, kuchli darajada qutblangan molekulali suyuq-liklarning dielektrik doimiy-si katta bo'ladi.

Molekulalari qutblangan moddalar qutblangan erituvchilarda eri-tilgan turli kattalikdagi assotsiatlar (birlashgan molekulalar) hosil qiladi. D.I.Mendeleyev etil spirt suvda eritilganda esa eritmaning harorati pasay-ishini ko'rsatadi. Va shu asosda o'zining gidratlar nazariyasini yaratadi.

Bu nazariyaga ko'ra erish murakkab fizik-kimyoviy jarayon bo'lib, bunda erigan modda molekulalari erituvchi molekulalari bilan o'zaro ta'sirlashib, beqaror birikmalar solvatlar hosil qiladi. Agar erituvchi suv bo'lsa, hosil bo'lgan birikma gidrat deyiladi. Gidratlar konsentratsiya va harorat o'zgarishi bilan parchalanadi yoki boshqa birikmalarga aylanadi.

Masalan, bir chaqmoq qand suvga botirilganda gidratlanish so-dir bo'ladi ya'ni suv molekulalari qand molekulalarini o'rab oladi va ular bilan qidratlar hosil qiladi. Bunda, tabiiyki issiqlik ajrarlib chiqadi. Lekin, gidrat hosil qilish uchun suv molekulalari kristall-dan qand (shakar) molekulalarini ajratib olish kerak, buning uchun esa energiya sarflash lozim.

Demak, agar gidratlanish jarayonida kristall panjaradan molekulani ajratib olishda sarflanganiga qaraganda ko'p issiqlik chiqsa erish jarayonida eritma isiydi. Aksincha, agar qattiq mod-da kristallini parchalashga gidratlanishda ajralib chiqqaniga qara-

ganda ko'p issiqlik talab qilinsa, u holda erish jarayonida eritma soviydi. Spirt suvda eritilganda umumiy hajmining kamayishi ham gidratlar hosil bo'lishi va molekularining bir-birining zichlashtirishi bilan tu- shuntiriladi.

## **VI.1. Suyultirilgan eritmalar**

Yuqorida aytib o'tilgandek, eritmada erigan modda molekulari bilan erituvchi molekulari orasida fizik va kimyoviy o'zaro ta'sirlashuv bo'lgani uchun eritmaning xossalari erigan modda va toza erituvchining xossalaridan farq qiladi.

Eritma konsentratsiyasi yuqori bo'lsa, erigan modda molekularining bir-biri bilan o'zaro ta'siri ham kuchli bo'lib, bu ham eritmaning xossalarini anchagina o'zgartirib yuboradi va ularni o'rganish qiyinlashadi. Shu sababli eritmalarining ko'p xossalari suyultirilgan eritmalar uchun keltirib chiqarilgan.

Suyultirilgan eritmalarda erigan modda zarrachalari orasida o'zaro ta'sir shu qadar kuchsizki, u eritmaning xossalariga deyarli ta'sir etmaydi. Suyultirilgan eritmalarining xossalari erigan moddalarning zarrachalari tarkibiga va ularning o'lchamiga bog'liq bo'lmaydi, shu jihatdan suyultirilgan eritmalar gazlarga o'xshaydi. Bunday eritmalarining xossalari hajm birligidagi zarrachalar soniga ya'ni, konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi, xolos.

Endi eritmalar uchun xos bo'lgan osmos hodisasi bilan tanishamiz. Biror moddaning bitta erituvchida ikki xil konsentratsiyali eritmasidan olib ularni o'zaro yarim o'tkazgich parda (to'siq) bilan ajratamiz. Bunda parda erituvchi molekularni o'tkazib, erigan modda molekularini tutib qoladi deb faraz qilamiz. Ko'p hayvon va o'simlik to'qimalari ana shunday parda vazifasini o'tay oladi.

Eritmalar bir-biridan ana shunday parda yordamida ajratilganda erituvchi molekulari past konsentratsiyali eritmadan yuqori konsentratsiyali eritmaga o'ta boshlaydi. Aslida erituvchi yuqori konsentratsiyali eritmadan past konsentratsiyali eritmaga ham o'ta-

di, lekin bunda juda oz molekulalar o'tganligi sababli uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Erituvchi molekulalari past konsentratsiyali eritmadan (yoki toza erituvchidan) yuqori konsentratsiyali eritmaga o'tganida eritmaning hajmi ortadi va konsentratsiyasi pasayadi. Bu hodisa (erituvchining parda orqali eritmaga o'tishi) **osmos hodisasi** deyiladi.

Erituvchi molekulalari yuqori konsentratsiyali eritmaga o'tishida unga qandaydir bosim bilan ta'sir qiladi. Ana shu bosim osmotik bosim deyiladi.

Issiq havo ta'sirida so'liy boshlagan o'simlik bargiga suv purkalganda uning qaytadan «tirilishi» ham osmos hodisasiga asoslangan. Bunda o'simliklarning barg hujayrasi sirtidagi qobiq yana o'zining avvalgi holiga keladi.

O'simliklardagi osmos hodisasini dastlab nemis olimi V. Pfeffer kashf etgan va o'rgangan. U o'zi yasagan osmometr yordamida osmotik bosimning haroratga va eritmaning konsentratsiyasiga bog'liqligini aniqlagan.

Eritmaning osmotik bosimini o'lchash uchun devorlari yarim - o'tkazgich xususiyatiga ega, uchi nay qilib cho'zilgan idishga eritma solib, botirib qo'yiladi. Bundan tashqari, idishdagi suv ichki idishdagi eritmaning gidrostatik bosimi ham orta boshlaydi va suv molekulalarining teskariga, ya'ni ichki idishdan tashqi idishga o'tishi ham ko'payadi.

Nihoyat naydagi ko'tarilayotgan eritmaning balandligi ma'lum darajaga yetgach ( $h$ ), suvning tashqi idishdan ichki idishga o'tish tezliklari tenglashadi va nayda eritma ko'tarilmay qoladi. Ana shunday muvozanatga to'g'ri keladigan bosim osmotik bosimni bildiradi. Shunday qilib, yarim o'tkazgich to'siq bilan ajratilganda sof erituvchi bilan muvozanatga keltirish uchun eritmaga quyilishi lozim bo'lgan bosim osmotik bosimga teng.

Tajribalarning ko'rsatishicha, juda suyultirilgan eritmalarda osmotik bosim  $p$  erigan moddaning konsentratsiyasiga (sistema) va absolut harorat ( $T$ ) ga to'g'ri mutanosib bo'ladi:

$$\pi = CRT$$

Bunda  $R$  universal gaz doimiysi. Bu tenglama ideal gazlarning holat tenglamsiga ( $pV = nRT$ ) juda o'xshaydi, faqat  $p$  o'rniga  $\pi$  va  $\frac{n}{v}$  o'rniga eritmaning konsentratsiyasi  $C$  olingan. Bu tenglama

Vant-Goff qonuning matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi: ***agar erigan modda eritma haroratida gaz holatida bo'lib, eritma hajmiga teng hajmni egallaganda edi, bu gazning bosimi eritmaning osmotik bosimiga baravar bo'lar edi.***

Bu qonun eritmalarning osmotik bosimi konsentratsiya va absolut haroratigagina bog'liq bo'lib, eruvchi modda tabiatiga bog'liq emasligini ko'rsatadi.

## VI.2. Raul qonuni va tatbig'i

Ma'lumki, har qanday suyuqlik ustidagi bosim deyilganda uning to'yingan bug' bosimi tushuniladi. Suyuqlikning to'yingan bug' bosimi berilgan haroratda o'zgarmas kattalikdir.

Harorat ko'tarilishi bilan har qanday moddaning to'yingan bug' bosimi ortadi. Bunga sabab, avvalo, harorat ko'tarilishi bilan molekularlar harakatining o'rtacha kinetik energiyasi ortishi va natijada suyuqlik molekularining o'zaro tortishish kuchini yengib suyuqlikdan ajraladigan va bug'ga o'tadigan molekular sonining ko'payishidir.

Ikkinchidan bug'lanish endotermik jarayon, ya'ni issiqlik yutilishi bilan boradi. Shu sababli harorat ko'tarilganda to'yingan bu bosim ortadi.

Bu fikrlar, asosan, sof erituvchilar uchun to'g'ri keladi. Eritma ustidagi bug' bosimi esa harorat bilan bir qatorda shu eritmadagi erigan moddaning miqdoriga ham bog'liq bo'ladi. Erituvchining eritma ustidagi to'yingan bug' bosimi toza erituvchining ustidagi bug' bosimidan doimo kichik bo'ladi. Eritmaning konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, uning ustidagi bug' bosimi shuncha kichik bo'ladi.

Chunki konsentratsiya ortgan sari eritmaning hajm birligida erituvchining miqdori kamaya boradi.

Fransuz olimi Fransual Mari Raul (1830–1901 yillar) kam uchuvchan moddalarning suyultirilgan eritmaları uchun quyidagi qonunni kashf etdi: erituvchining suyultirilgan eritma ustidagi to‘yingan bug‘ bosimining nisbiy pasayishi erigan moddaning molar qismiga teng:

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = N_2,$$

Bunda  $p_1^0$  – toza erituvchining to‘yingan bug‘ bosimi,  $p_1$  – eritma ustidagi to‘yingan bug‘ bosimi,  $N_2$  – erigan moddaning molar qismi:

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}.$$

Bunda  $n_2$  – erigan moddaning mol sonlari,  $n_1$  erituvchining mol sonlari, Raul qonuni tenglamasini o‘zgartirib yozsak,

$$p_1 = p_1^0 N_1.$$

Bunda  $N_1$  eritmadagi erituvchining molar qismi. Demak, berilgan eritma uchun bug‘ bosimining pasayishi erigan modda bilan erituvchining tabiatiga va haroratga bog‘liq bo‘lmay, faqat eritmaning konsentratsiyasiga bog‘liq.

Bu qonun **Raulning tonometrik qonuni** deb ataladi. Raul qonuni juda suyultirilgan (va ideal) eritmalar uchungina to‘la muvofiq keladi. Eritmaning konsentratsiyasi ortgan sari bu qonundan chetlanish kuzatiladi.

**Suyultirilgan eritmalarining muzlash va qaynash haroratlarining konsentratsiyasiga qarab o‘zgarishi.** Ma’lumki, suyuqlikning to‘yingan bug‘ bosimi atmosfera bosimiga teng bo‘lgandagi harorat shu suyuqlikning **qaynash harorati** deyiladi.



Moddaning qattiq holatdagi bug' bosimiga teng bo'ladigan harorat, ya'ni moddaning kristallana boshlash harorati muzlash harorati deyiladi. Qattiq modda biror erituvchida eritilganda erituvchining bug' bosimi pasayishini yuqorida ko'rib o'tdik.

Bug' bosimi pasayganda eritma toza erituvchiga qaraganda yuqoriroq haroratda qaynaydi, chunki bunda bug' bosimini tashqi atmosfera bosimiga yetkazish uchun yuqoriroq haroratgacha qizdirmoq kerak bo'ladi. Elektrolitik dissotsiatsiyalanish sodir bo'lmaydigan suyultirilgan eritmalarda qaynash haroratining ko'tarilishi  $\Delta t_{qayn}$  erigan moddaning molar konsentratsiyasiga ( $C$ ) mutanosib bo'ladi:

$$\Delta t_{qayn} = \varepsilon t_{qayn} C.$$

Bunda  $\varepsilon t_{qayn}$  har qaysi erituvchi uchun o'zgarmas bo'lgan mutanosiblik koeffitsiyenti u erituvchining **ebulioskopik konstantasi** deyiladi.  $C$  ning qiymati, odatda, 100 g erituvchida erigan moddaning mollar soni bilan ifodalanadi. Yuqoridagi tenglamaga  $C$  ning qiymatini qo'ysak,

$$C = \frac{g}{M},$$

$$C = \frac{m_0 1000}{m \cdot M} \rightarrow \Delta T = \frac{\varepsilon \cdot m_0 \cdot 1000}{m \cdot M}.$$

Bu formula yordamida konsentratsiyasi ma'lum bo'lgan eritmaning qaynash haroratini o'lchash yo'li bilan erigan moddaning molekular massasini aniqlash mumkin:

$$M = \frac{\varepsilon \cdot m_0 \cdot 1000}{\Delta T_q \cdot M}.$$

Ba'zi erituvchilarning ebulioskopik konstantasi qiymatlari quyidagi jadvalda berilgan.



## Ba'zi erituvchilarning ebulioskopik konstantasi

| T/r | Erituvchi   | $t_{qayn}, C^{\circ}$ | Erituvchi          | $t_{qayn}, C^{\circ}$ |
|-----|-------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 1   | Suv         | 0,52                  | Benzol             | 2,64                  |
| 2   | Etil spirt  | 1,14                  | Xloroform          | 3,80                  |
| 3   | Dietil efir | 1,83                  | Uglerod teraxlorid | 4,88                  |

Eritmaning muzlash harorati esa toza erituvchining muzlash haroratidan doimo past bo'ladi. Raul turli moddalarning suvdagi bir molar eritmasi (1000 g suvda 1 *mol* modda erigan)  $-1,86^{\circ}C$  da muzlash haroratining pasayishi erigan moddaning molar konsentratsiyasidga mutanosibdir:

$$\Delta t_m = K C_m .$$

Bunda  $\Delta t_m$  eritma muzlash haroratining pasayishi  $K$  krioskopik konstanta turli erituvchilar uchun uning qiymatlari jadvallarda beriladi.  $C$  eritmaning molar konsentratsiyasi. Konsentratsiya 1000 g erituvchida erigan moddaning mollar soni bilan ifodalanadi.  $C = 1$  bo'lganda

$$\Delta t_m = K .$$

Krioskopik konstanta  $K$  1000 g eruvchida mol modda eritilgandagi eritma muzlash haroratining pasayishini ko'rsatadi.

Shu sababli bu koeffitsiyent erituvchi muzlash haroratining molekular pasayishi yoki erituvchining krioskopik (grekcha «krios» sovuq muz demakdir) konstantasi deyiladi. Konstanta  $K$  ning qiymati har qaysi erituvchi uchun o'zgarmas miqdori bo'lib, erigan moddaning tabiatiga bog'liq emas.

Erigan moddaning molekular massasini va eritmalarining osmotik bosimini krioskopik usulda aniqlash.

Eritma muzlash haroratining pasayishi asosida erigan moddaning

molekular massasini topish mumkin. Buning uchun quyidagicha ish yuritamiz: muzlash haroratining pasayishi formulasida konsentraciya ( $C$ ) ni erigan moddaning mol miqdori  $m$ , uning molekular massasini  $M$  desak,

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

bo'ladi. Buni muzlash haroratining pasayish formulasiga qo'yamiz:

$$\Delta t_m = K_m \frac{m}{M}$$

bundan,

$$M = \frac{K_m m}{\Delta t_m}.$$

Masalan, 1000 g suvda 4,37 g spirt eritilganda muzlash haroratining pasayishi  $0,177^\circ\text{C}$  bo'ladi. Ma'lumki,  $K_m = 1,860$  bularni formulaga qo'ysak,

$$M = \frac{1,86 \cdot 4,37}{0,177} = 46.$$

**Eritma va qotishmalar. Raul qonuni.** Qattiq jismlarning suyuqliklarda yoki bir suyuqlikning ikkinchi suyuqlikda erishi, yopiq idishdagi suyuqlikning bug'lanishi va to'yingan bug'ning hosil bo'lish jarayonini eslatadi. Masalan, suvli idish tubida joylashtirilgan kristallning (osh tuzi) erishi davom etadi, qachonki kristall erishi va eritma molekulalarining kristall sirtida o'tirish jarayoni dinamik muvozanat holatga kelgunga qadar. Dinamik muvozanatga kelgan eritmaga *to'yingan eritma* deb aytiladi.

Haroratning oshishi bilan bir oz miqdorda qattiq faza eriydi, haroratning pasayishi bilan esa erigan moddaning bir qismi kristallanadi.

Izotermik bug‘lanishda to‘yingan eritmada erigan moddaning massasi olinadi, ya’ni bir miqdori kristallanadi. Suyuqliklarning bir-birida erishi to‘liq va qisman bo‘lishi mumkin, ayrim suyuqliklar esa boshqa bir suyuqliklarda umuman erimaydi. Masalan, suv va spirt bir-birida to‘liq, suv va anilin qisman eriydi, simob va suv bir-birida umuman erimaydi:

Suyuqliklarning bir-biriga eruvchanligi haroratga bog‘liq. Ayrim suyuqliklarda eruvchanlik haroratga mutanosib bo‘lsa, ayrimlarida nomutanosib va to‘liq eruvchanlik kritik haroratdan past haroratlarda kuzatiladi. Raul erigan moddaning kam konsentratsiyalarida eritma to‘yingan bug‘larining elastikligi konsentratsiyaga mutanosib ekanligini ko‘rsatdi.

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{n + N},$$

$p_0$  – toza erituvchining to‘yingan bug‘ elastikligi,  $p$  – eritma to‘yingan bug‘larning elastikligi,  $n$  – erituvchi  $N$  molekulariga to‘g‘ri keluvchi erigan modda molekularlarining soni. Bunga **Raulning I qonuni** deb aytiladi.

Eritma to‘yingan bug‘i elastikligining kamayishi eritmaning qaynash haroratini oshishiga olib keladi. Bu oshish **Raulning II qonuniga** mos tushadi:

$$\Delta T = E \frac{g}{\mu}$$

bunda

$$E = \frac{2T_0^2}{G\lambda}$$

berilgan erituvchi uchun doimiy kattalik,  $g - G$  g erituvchida erigan moddaning  $g$  soni,  $M$  – erigan moddaning molekular og‘irligi,  $\lambda - T$  qaynash haroratidagi bug‘lanish issiqligi.

**Raulning III qonuni** eritma qotish haroratining kamayishini ifodalaydi, ya'ni

$$\Delta T = k \frac{g}{\mu}$$

$$k = \frac{2T_0^2}{G\lambda}$$

krioskopik doimiylik,  $T_0$  – eritmaning qotish harorati,  $r$  – kristallanish issiqligi,  $g$  va  $G$  qiymatlari yuqorida (II qonunda) ko'rsatildi; suv uchun  $k = 18,4$ .

Raulning I va II qonunlari molekular massani aniqlashda ko'proq ishlatiladi.

### VI.3. Dispers sistemalar. Kolloid eritmalar

Modda ichida boshqa bir moddaning ma'lum darajada maydalangan zarrachalari taqsimlanishi natijasida vujudga kelgan sistema **dispers sistema** deyiladi.

Maydalangan holda taqsimlangan modda dispers faza deb, bu modda taqsimlangan hajm esa **dispers muhit** deb ataladi.

Agar dispers faza zarrachalarining o'lchami  $10^{-9}$  m va  $10^{-7}$  m (ya'ni 1 nm bilan 100 nm orasida) bo'lsa, **kolloid eritma** deyiladi. Agar u  $10^{-9}$  m dan kichik bo'lsa **chin eritma** bo'ladi. Zarrachalarining o'lchami 100 nm dan katta bo'lgan sistemaga **dag'al dispers** sistema deyiladi.

Barcha eritmalar o'zidan elektr tokini o'tkazish tabiatiga qarab ikki sinfga bo'linadi: **elektrolit va noelektrolitlar**. Elektrolit eritmalar o'zidan elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Bu xil eritmalarga kislota, asos va tuzlarning suyuq eritmaları misol bo'la oladi. Noelektrolit eritmalarga ko'proq organik moddalar eritmasi kiradi.

Biz quyida noelektrolit – chin eritmalar to'g'risida so'z yuritamiz. Chin eritma ikki (yoki bir qancha) moddaning bir jinsli aralash-

masidir. Chin eritma har xil agregat holatlarda bo'lishi mumkin, biz quyida, asosan, suyuq eritmalar ustida to'laroq to'xtalib o'tamiz.

Suyuq eritmalar erituvchi va erigan yoki eruvchi moddadan tashkil topadi. Chin eritmada dispers **muhit erituvchi**, dispers **faza eruvchi** deb ataladi. Erish jarayonida o'z agregat holatini saqlab qolgan modda **erituvchi** hisoblanadi. Agar olingan moddalar o'z agregat holatini saqlab qolsa, u holda miqdori ko'p modda erituvchi bo'ladi. Oddiy sharoitda qattiq holda bo'lib (masalan, tuz, metall, metall oksidlari) ularning aralashmasi qizdirib suyuqlikka aylantirilganda hosil bo'lgan suyuq aralashmada, sovitilganda birinchi navbatda (oldin) kristallangan, yoki cho'kmaga tushgan modda eruvchi hisoblaniladi. Chin eritmada erigan modda erituvchi molekulalari ichida ayrim molekula yoki ionlar holida bir tekis tarqalgan bo'ladi. Molekula (ion) ko'zga yoki mikroskopda ko'rinadigan chegara sirtiga ega bo'lmaganligidan eritmaning xossalari hamma joyda bir xil bo'ladi. Shu sababli **chin eritma bir fazali**, ya'ni **gomogen sistema** hisoblanadi.

Eritmalarning xossalarini tushuntirishda ikkita nazariyadan: fizik va kimyoviy nazariyalardan foydalaniladi. **Fizik nazariyaga ko'ra** erigan moddaga inert erituvchida tarqalgan gaz deb qaraladi (Vant-Goff, Arrenius bo'yicha).

**Kimyoviy nazariyaga muvofiq**, erituvchi bilan turli kimyoviy birikmalar hosil qiladi (D. I. Mendeleyev va boshqalar bo'yicha). Eritmalarda, asosan, ikki masala o'rganiladi: **eruvchanlik** – ma'lum sharoitda, ma'lum erituvchida qancha moddaning erishi va **eritmaning xossalari** va bu xossalarning eritmani tashkil qilgan moddalar xossasiga va miqdoriga bog'liqligi.

Bu masalalarning ikkalasi ham amaliy ahamiyatga ega. Birinchi masala to'g'risida ko'p tajriba ma'lumotlariga egamiz, ammo ular umumlashtirilmagan. Birinchi masalaga nisbatan ikkinchi masala ko'proq o'rganiladi.

Eritmaning tarkibi uning konsentratsiyasi bilan tavsiflanadi. Eritma yoki erituvchining ma'lum og'irlik miqdori yoki hajmida erigan modda miqdoriga **konsentratsiya** deyiladi.

Konsentratsiyani bir necha usulda ifodalash mumkin: hajm va og'irlik o'lchamlarida (birligida). Hajm birligida ifodalangan konsentratsiyaga – normal, molar, og'irlik o'lchamida ifodalangan konsentratsiyaga foiz, mol, mol nisbati (mol foizi) kiradi, bir sistemadan ikkinchisiga o'tish uchun eritmaning zichligi

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ma'lum bo'lishi kerak.

Amalda ko'pincha mol nisbati (mol foizi) ifodasidan foydalaniladi. Eritma bir qancha komponentlardan (tarkibiy qismlardan) tashkil topgan deb, erituvchi-eruvchi tushunchasi qo'llanilmaydi. Agar  $n_1, n_2, \dots, n_i$  lar 1, 2, 3, ...,  $i$  moddalarning eritmadagi mol sonlari bo'lsa,  $i$  komponentning mol nisbati:

$$N_i = \frac{n_i}{\sum n_i}.$$

Demak,

$$\sum N_i = 1$$

bo'ladi.

Agar  $N_i = 100 \cdot N_i$  bo'lsa, mol foiz bo'ladi. Bundan,

$$\sum N_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \cdot 100,$$

$$\sum N_i = 100.$$

#### VI.4. Smotik bosim

Erituvchini o'tkazadigan, ammo erigan moddani o'tkazmaydigan parda **yarim o'tkazgich parda** deyiladi. Agar eritma erituvchidan yarimo'tkazgich parda bilan ajratilgan bo'lsa, erituvchi

o'z-o'zicha eritmaga o'tadi. Bu hodisa **osmos** deyiladi.

Erituvchini eritmaga o'tkazmasdan, erituvchi bilan eritma orasidagi muvozanatni saqlash uchun eritmaga berilishi kerak bo'lgan bosim  $\pi$  **osmotik bosim** deyiladi. Muvozanatda toza erituvchining kimyoviy potentsiali  $\mu_1^0$  o'zaro teng bo'ladi. Eritmadagi kimyoviy potensial osmotik bosim  $\pi$  ga teng va eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq. Muvozanat qaror topganda:

$$\mu_1(N_1\pi) = 0.$$

Bu ifodani  $T = \text{const}$  da differensiallasak va  $d\mu_1^0 = 0$  ekanligini e'tiborga olsak:

$$\left(\frac{d\mu_1}{dN_1}\right)dN_1 + \left(\frac{d\mu_1}{d\pi}\right)d\pi = 0.$$

Binobarin,

$$\left(\frac{d\mu_1}{d\pi}\right)_N = V_1$$

$V_1$  – erituvchining eritmadagi parsial mol hajmi. Erituvchining eritmadagi parsial mol hajmi

$$\frac{d\pi}{dN_1} = -\frac{1}{V_1} \left(\frac{d\mu_1}{dN_1}\right)_{T,\pi}.$$

Bu tenglama osmotik bosimni eritmaning konsentratsiyasiga va erituvchining kimyoviy potentsialiga bog'lanishini ifodalaydi. Agar eritma cheksiz suyultirilgan bo'lsa, erituvchining parsial mol hajmi  $V$  toza erituvchining molar hajmi  $d_1$  ga teng, deb faraz qilish mumkin:

$$\mu_i = \mu_0 + RT \ln N_i.$$

$$d\mu_i = RT \ln N_i$$

Bu tenglama e'tiborga olinsa, yuqoridagi tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d\pi}{d \ln N_1} = - \frac{RT}{V_1^0}$$

Bu tenglama 0 dan  $\pi$  gacha va  $N_1$  dan 1 gacha integrallansa,

$$\pi = - \frac{2,3RT}{V_1^0} \lg N_1$$

$\lg N_1$  qatorlarga ajratilsa,  $\lg N_1 = -\lg(1-N_2) \approx N_2$

$$\pi = \frac{N_2 RT}{V_1^0}$$

va

$$\pi = \frac{N_2}{V_1^0} = C$$

eritmaning konsentratsiyasi  $\frac{1}{mol}$  bo'lganda,

$$\pi = CRT$$

Bu **Vatt-Goffning osmotik bosim qonuni** tenglamasidir. Bu tenglamada  $R$  ning son qiymati Universal gaz doimiysi ( $R$ ) ning qiymatiga teng. Vatt-Goff qonuni tajriba natijasida yaratilgan. Bu qonun ideal eritmalaragagina mosdir. Real eritmalar uchun,

$$\mu_i = \mu_0 + RT \ln a_i$$



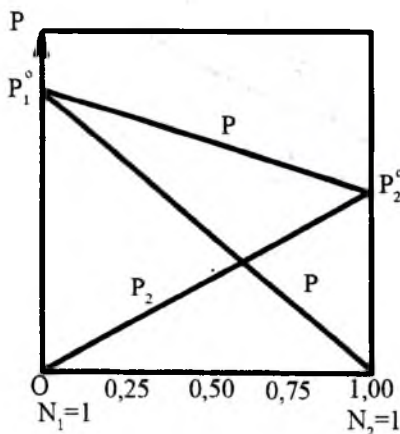
Bu tenglamani  $N_1$  – bo'yicha differensiallab yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa,

$$\frac{d\pi}{dN_1} = -\frac{RT}{V^0} \left( \frac{d \ln_1}{dN_1} \right).$$

Bu tenglamada  $V$  – erituvchining parsial molar hajmi, real eritmalarida osmotik bosimning eritma konsentratsiyasiga qarab o'zgarishini ifoda qiladi.

### VI.5. Eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari

Faraz qilaylik, biror uchuvchan emas (masalan, qattiq modda) modda biror suyuqlikda (masalan, suvda) erib cheksiz suyultirilgan eritma hosil qilsin.



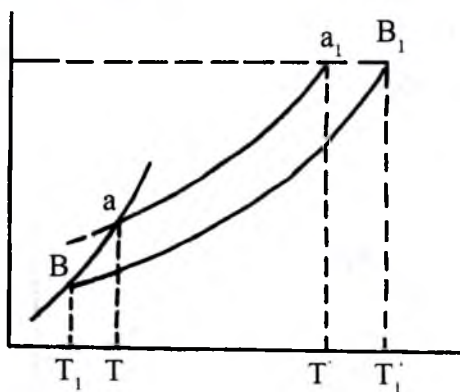
30-rasm. Erituvchi va eritma bug' bosimining haroratga bog'liq o'zgarishi

Bunda eritmaning bug' bosimi ( $p$ ) erituvchining eritmada bug' bosimi  $p_1$  ga teng bo'ladi va erituvchi uchun Raul qonunini qo'llash mumkin bo'ladi.

30-rasmda sof erituvchi bug' bosimi  $p_1^0$  ning va eritma bug' bosimi  $p$  ning harorat bilan o'zgarishi tasvirlangan. Bundan harorat o'zgarishi bilan bug' bosimining naqadar keskin o'zgarishi bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish issiqlik qiymatiga bog'liq ekanligi aniq ko'rsatilgan.

Harorat o'zgarishi bilan qattiq moddaning bug' bosimi suyuq moddaning bosimiga qarab keskin o'zgaradi. Shu sababli harorat o'zgarishi bilan qattiq moddaning bug' bosimi erituvchi va eritmaning bug' bosimlarini kesib o'tadi.

Suyuq va qattiq moddalarning kimyoviy potentsiallari (yoki bug' bosimlari) bir-biriga tenglashganda **muzlash** ro'y beradi (31-rasm).



31-rasm. Suyuq va qattiq moddalarning muzlash grafigi

Demak, muzlash haroratida suyuq va qattiq moddalarning bug' bosimlari bir-biriga tenglashadi,  $a$  nuqtada eruvchi (suv) ning bug' bosimi,  $b$  nuqtada eritmaning bug' bosimi bilan muzning bug' bosimi tenglashadi.

Demak,  $a$  nuqtada suv va  $b$  eritmada **muzlaydi**. Suvning bug' bosimi  $T$  haroratda, eritmaning bug' bosimi esa  $T_1$  haroratda muzning bug' bosimiga tenglashadi.

Demak,  $T$  suvning va  $T_1$  eritmaning muzlash haroratidir. Diagada ko'rsatilishicha,  $T_1$  hamma vaqt  $T$  dan past bo'ladi.

Shunday qilib, eritma hamma vaqt erituvchiga nisbatan past

haroratda muzlaydi:  $T > T_p$ ;  $\Delta T = T - T_p$ ;  $\Delta T$  – eritma muzlash haroratining pasayishi deb ataladi.

Suyuqlikning bug' bosimi atmosfera bosimiga tenglashganda suyuqlik qaynay boshlaydi.

Qaynash haroratida suyuqlikning bug' bosimi atmosfera bosimiga tenglashadi.

Eritma hamma vaqt erituvchiga nisbatan yuqori haroratda qaynaydi.  $T_1 > T$ ;  $\Delta T = T_1 - T$ ;  $\Delta T$  eritma qaynash haroratining ko'tarilishi deb ataladi.

Eritma muzlash haroratining pasayishi va qaynash haroratining ko'tarilishi eritmaning konsentratsiyasiga mutanosibdir. Eritmaning konsentratsiyasi ortgan sari erituvchi bilan eritmaning bug' bosimlari orasidagi tafovut ortadi,  $\Delta T$  ham ortadi:

$$\Delta T = KC .$$

Bunda,  $C$  – molar konsentratsiya,  $K$  – ebulioskopik konstanta. Agar  $C = 1$  bo'lsa,  $\Delta T = E$  bo'ladi.

Turli eruvchilarning qanday bo'lmasin biror erituvchidagi bir molar eritmasida erigan moddalarning molekularlari soni bir xil bo'ladi, demak, Raul qonuniga muvofiq bug' bosimining pasayishi ham bir xil bo'ladi. Shunday qilib,  $K$  ning son qiymati erigan moddaning tabiatiga emas, balki erituvchining tabiatiga bog'liqdir. Masalan, suvning krioskopik konstantasi 1,86 ga, benzolniki 5,12 ga teng. Suvning ebulioskopik konstantasi 0,52 ga, benzolniki 2,6 ga teng.

Agar  $G$  g erituvchida  $g$  g modda erigan bo'lsa, bu eritmaning mol konsentratsiyasi:

$$C = \frac{g \cdot 1000}{MG} .$$

Bunda,  $M$  – erigan moddaning molekular massasi.  $G$  ning bu qiymatini yuqoridagi tenglamaga qo'yib,  $M$  topiladi:

$$M = E \frac{g}{G} \cdot \frac{1000}{\Delta T}.$$

Shunday qilib, **erigan moddaning molekular massasini, eritma muzlash haroratining pasayishidan foydalanib aniqlash mumkin.**

## VI.6. Elektrolitik dissotsiyanish nazariyasi

Kislota, tuz va asoslar suvda eritilganda elektr tokini o'tkazadigan eritmlar hosil qiladi. Bu hodisani tekshirish natijasida S. Arrenius 1887-yilda elektrolitik dissotsiyanish nazariyasini yaratadi. Bu nazariyaga ko'ra, elektrolit moddalar suvda eritilganda ularning molekulari musbat va manfiy zaryadlangan zarrachalarga ajraladi dissotsiyanadi.

Bunda qanday modda eritilganida qarab eritmada musbat ionlar –vodorod hamda metall ionlari va manfiy ionlar – gidroksil hamda kislota qoldig'i ionlari hosil bo'ladi. Elektrolitlar eritilganda molekularning hammasi emas, balki bir qismi ionlarga dissotsiyanadi.

Molekulalarning ionlarga ajralish darajasi dissotsiyanish darajasi bilan belgilanadi. Ionlarga ajralgan molekular sonining eritmadagi umumiy molekular soniga nisbati **dissotsiyanish darajasi** ( $\alpha$ ) deyiladi.

Molekulalarning ionlarga dissotsiyanishi eritmadagi zarrachalar sonini ko'paytiradi. Natijada eritmaning hajm birligidagi zarrachalar bilan o'lchanadigan konsentratsiyasi ham ortadi. Masalan, dissotsiyanishga qadar eritmada erigan moddaning  $N$  ta molekula bo'lgan bo'lsa, dissotsiyanmagan molekular soni  $\alpha N$  dissotsiyanmagan molekular soni esa  $1 - \alpha$  bo'ladi.

Dissotsiyanmagan har qaysi molekula ion hosil qiladi, – deb faraz qilsak  $\alpha N$  molekula dissotsiyanmagan  $\alpha N$  ta ion hosil bo'lishi kerak. Dissotsiyanmagan molekula va ionlarning umumiy soni:

$$(1-\alpha)N + \alpha Nn = [1 + \alpha(n-1)]N$$

Bunda izotonik koeffitsiyenti quyidagiga teng:

$$i = \frac{1 + \alpha(n-1)N}{N} \text{ yoki } i = 1 + \alpha(n-1)$$

Binar elektrolit uchun  $i = 1 + \alpha$ . Shunday qilib, eritma osmotik bosimning ko'tarilishi, muzlash haroratining pasayishi, qaynash haroratining ko'tarilishi va erituvchining eritma ustidagi bug' bosi-mining kamayishi sabablari tushunarli bo'lib qoldi.

S. Arrenius nazariyasining ahamiyati kattaligi bilan birga bu nazariya faqat kuchsiz elektrolitlarga eritmadagi ionlar orasidagi o'zaro ta'siri hisobga olmasa ham bo'ladigan konsentratsiyali elektrolitlarga tatbiq etilishini unutmaslik kerak.

Katta konsentratsiyali eritmalarda S. Arrenius nazariyasi asosida hisoblab topilgan ma'lumotlar haqiqiysidan ma'lum darajada farq qilishi tabiiydir.

## VI.7. Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi

Fizikaviy kimyoning kimyoviy energiyani elektr energiyasiga va aksincha, elektr energiyasini kimyoviy energiyaga aylanishi bilan bog'liq bo'lgan qonuniyatlarni o'rganadigan bo'limi **elektrokimyo** deb ataladi. Elektrokimyo katta amaliy ahamiyatga ega bo'lib, elektroliz, elektr o'tkazuvchanlik va elektr yutuvchi kuchlar haqidagi ta'limotni o'rganadi.

Barcha moddalar elektr o'tkazuvchanligi jihatidan o'tkazgich, yarimo'tkazgich va izolatorlar (dielektriklar) ga bo'linadi. O'tkazgichlarning o'zi I tur va II tur o'tkazgichlarga bo'linadi. Eritma I tur o'tkazgichlarga barcha metallar va ularning qotishmalari, shu-ningdek, ko'mir va grafit kiradi. Elektr o'tkazuvchanlik erkin elektronlarning tartibli harakati hisoblanadi.

II tur o'tkazgichlarga elektrolitlarning (tuzlar, kislotalar va asos-

lar) eritmalari va suyuqlanmalari kiradi. Bunda elektr toki elektrolit ionlari orqali uzatiladi (ionli uzatuvchanlik), natijada modda kimyoviy jihatdan o'zgaradi.

## VI.8. Elektroliz. Faradey qonunlari

Eritmalarda elektr toki ta'sirida kimyoviy reaksiyalar (asosan ajralish reaksiyalari) sodir bo'ladigan jarayon elektroliz deyiladi. Elektroliz elektr toki ta'sirida parchalanish demakdir. Elektroliz jarayoni sanoat va qishloq xo'jaligida katta ahamiyatga ega.

Masalan, xlor va o'yuvchi ishqorlar osh tuzi eritmasini elektroliz qilib olinadi. Ammiak sintezi uchun zarur bo'lgan toza vodorod suvni elektroliz qilish yo'li bilan olinadi. Elektroliz jarayonida elektrod elektrolit chegarasida elektrokimyoviy reaksiyalar sodir bo'lib, bunda elektrolit bilan eritmadagi ionlar (molekulalar) o'z - aro elektron almashadi.

Katodda elektronlar elektrodan ionga (yoki molekulaga) anodda esa iondan (molekuladan) elektrodga o'tadi, bunda ionlar yoki molekulalar o'zining elektr zaryadini yo'qotadi yoki o'zgartiradi. Elektrolitlarda sodir bo'ladigan elektrokimyoviy reaksiyalarda faqat elektronlar elektr tashishi eritmadagi ionlar esa valentligini o'zgartirishi, lekin elektrodlar zaryadsizlanmasligi ham mumkin. Ingliz olimi M. Faradey elektrolizni tajribada o'rganib, ikkita muhim qonuni kashf etadi;

1. Elektroliz vaqtida elektrodlardagi moddalar miqdori elektrolit orqali o'tgan elektr miqdoriga to'g'ri mutanosibdir.

2. Turli xil elektrolitlardan bir xil miqdordagi elektr o'tkazilganda elektrodlarda ajraladigan (o'zgaradigan) moddalar miqdori shu moddalarning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri mutanosibdir.

$\text{AgNO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$  va  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmalari orqali kulon elektr o'tkazilganda katotda 1,118 mg kumush, 0,3293 mg mis va 0,010446 mg vodorod ajralib chiqadi. Kimyoviy ekvivalent **elektrokimyoviy ekvivalentlar** deyiladi.

Kimyoviy ekvivalent elektrokimyoviy ekvivalentga nisbatan

o'zgarmas kattalik bo'lib, eritma  $96487 \pm 1,6 \frac{k}{g - ekv}$  (yaxlitlan-

ganligi 96500) ga teng va Faradey soni  $F$  deyiladi.

Shunday qilib, elektroliz usuli bilan eritmada  $g \cdot ekv$  modda ajratib olish yoki uni o'zgartirish uchun bir Faradey elektr sarflash kerak. Zanjir orqali o'tgan elektr miqdorini aniq o'lchash metodi Faradey qonuniga asoslangan. Bunday o'lchashlar uchun kumushli, misli, ionli va boshqa kulonometrlar ishlatiladi. Bu asboblarda elektroliz mahsulotlari tortiladi, titrlanadi. Yoki uning hajmi o'lchanadi. Elektroliz mahsulotlarining miqdori ma'lum bo'lgach sarflangan elektr miqdori oson topiladi.

Elektroliz sanoatda juda ko'p jarayonlarda, ayniqsa, kimyo sanoatida keng qo'llaniladi. Suyuqlantirilgan kriolit  $Na_3AlF_6$  dan aluminiy olish, suyuqlantirilgan  $MgCl_2$  ni elektroliz qilib magniy olish, misni qo'shimchalardan tozalash, ishqor va tuz eritmalarini elektroliz qilib toza vodorod olish va boshqalar.

Bundan tashqari, buyumlarning sirtiga boshqa metallar, ya'ni xromlash, nikellash kadmiylash kabi ishlar ham elektrolitik usulda bajariladi.

## **VI.9. Ionlarning harakatlanish tezligi va uni aniqlash usuli**

Ilgari aytib o'tganimizdek, elektroliz vaqtida anion va kationlar elektr tashuvchilar hisoblanadi. Har bir ion o'zining zaryadiga teng elektr tashiydi. Agar anion bilan kationning zaryadlar kattaligi bir xil bo'lsa, ular baravar tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, anionlarning tashigan elektr miqdori kationlarning tashigan elektr miqdoriga teng.

Ionlarning harakatlanish tezligi ularning tabiatiga, kuchlanganligiga, konsentratsiyaga, haroratga, muhitning qovushqoqligiga va boshqalarga bog'liq bo'ladi. Ionlarning harakatlanish tezligi, odatda, gaz molekularining harakatchanligidan juda kichik bo'ladi.

Bunga sabab shuki ionlarning muayyan yo'nalishdagi harakat-

lanish tezligiga muhit, erituvchining molekulari katta qarshilik ko'rsatadi. Tok berilgunga qadar ionlar turli yo'nalishda tartibsiz harakatda bo'ladi. Tok berilgandan keyin esa anionlar anod tomonga harakatlanadi. Bu tartibli harakatga erituvchining tartibsiz harakatda bo'lgan molekulari qarshilik ko'rsatadi.

Ionlarning harakatlanish tezligini aniqlashning turli usullari bor. Eng oddiy usul rangli ionlarning harakatlanish tezligini aniqlash usulidir.

$U$  simon nayga ikkita elektrod va taxminan  $\frac{1}{3}$  qismiga qadar

kaliy xlorid eritmasi quyiladi, ajratgich voronkaga esa ionlardan biri rangli bo'lgan tuz masalan, kaliy permanganat  $\text{KMnO}_4$  eritmasi quyiladi.

Ajratgich voronka jo'mragini sekin ochib,  $U$  simon nayga elektrodlar kaliy xlorid eritmasiga botgunga qadar pastdan kaliy permanganat eritmasi kiritiladi. Bunda ikkala eritma orasidagi chegara aniqlanib turishi kerak.

So'ngra elektrodlariga o'zgarmas elektr toki berilsa, ma'lum vaqt o'tgandan keyin, ajralish chegaralari siljiganligi ko'rinadi.

Shundan keyin  $U$  simon nayning ikkala tirsagidagi eritmalar chegarasi orasidagi farq ( $sm$  hisobida) o'lchab olinadi va shunga ketgan vaqt aniqlanadi. Ionning harakatlanish tezligi quyidagicha topiladi:

$$W_{\text{MnO}_4} = \frac{h \text{ sm}}{t \text{ sek}}.$$

Bunda  $h$  – chegaralar farqi,  $t$  – vaqt sekund hisobida.

Bu usulning aniqlik darajasi yuqori bo'lmaganligi sababli kam qo'llaniladi. Ionlarning harakatlanish tezligi, odatda, elektr o'tkazuvchanlik asosida hisoblab topiladi.

Hisoblashda ko'pincha, ionlarning absolut tezlik qiymatidan foydalaniladi. Elektrodlar orasidagi masofa  $1 \text{ sm}$ , potentsiallar ayirmasi  $1 \text{ V}$  bo'lganda, ionning  $1$  sekundda  $sm$  hisobida bosgan yo'li



ionning **absolut tezligi** deyiladi. Quyidagi jadvalda ba'zi ionlarning  $18^{\circ}\text{C}$  dagi absolut tezliklari qiymati keltirilgan:

### Ionlarning $18^{\circ}\text{C}$ dagi absolut tezliklari

( $\frac{\text{sm}}{\text{sek}}$  hisobida)

| T/r | Kation          | Tezligi  | Anion           | Tezligi  |
|-----|-----------------|----------|-----------------|----------|
| 1   | $\text{H}^+$    | 0,003620 | $\text{OH}^-$   | 0,002050 |
| 2   | $\text{NH}_4^+$ | 0,000760 | $\text{Br}^-$   | 0,000812 |
| 3   | $\text{K}^+$    | 0,000762 | $\text{I}^-$    | 0,000796 |
| 4   | $\text{Ag}^+$   | 0,000642 | $\text{Cl}^-$   | 0,000791 |
| 5   | $\text{Na}^+$   | 0,000520 | $\text{NO}_3^-$ | 0,000740 |

## VI. 10. Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi

Moddaning tashqi elektr maydon ta'sirida elektr tokini o'tkazish xususiyati **elektr o'tkazuvchanlik** deyiladi. Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi elektrolitik dissotsiyanlash natijasida eritmada paydo bo'ladigan ionlar tufaylidir.

Eritmalarda elektr zaryadni tashuvchilar ionlar bo'lgani sababli eritmaning elektr o'tkazuvchanligi ionlarning konsentratsiyasiga to'g'ri mutanosib bo'ladi.

Elektr o'tkazuvchanlik vaqt birligi ichida elektrolit orqali o'tgan elektr miqdori (kulon) bilan o'lchanadi. Elektr o'tkazuvchanlik qarshilikka teskari kattalik bo'lgani uchun quyidagicha yoziladi:

$$L = \frac{1}{R} \text{OM}^{-1}.$$

Qarshilik o'tkazgichning uzunligi  $l$  ga to'g'ri va ko'ndalang kesimi  $S$  ga teskari proporsional bo'ladi:

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

Bunda,  $\rho$  – solishtirma qarshilik, ya'ni uzunligi 1 sm, ko'ndalang kesimi 1 sm<sup>2</sup> bo'lgan o'tkazgichning qarshiligi.  $R$  ning qiymatini yuqoridagi formulaga qo'ysak:

$$L = \frac{1}{\rho} \frac{S}{l}.$$

Solishtirma qarshilikka teskari qiymat  $\frac{1}{\rho}$  *solishtirma elektr o'tkazuvchanlik* deyiladi va grekcha kappa  $\chi$  harfi bilan belgilanadi. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik 1 sm<sup>2</sup> eritmaning elektr o'tkazuvchanligi bo'lib, om<sup>-1</sup>·sm<sup>-1</sup> birlikda o'lchanadi.

Quyida ba'zi elektrolitlar eritmalarining solishtirma elektr o'tkazuvchanlik qiymatlari keltirilgan.

**Ba'zi elektrolitlar eritmalarining 18°C dagi solishtirma**

**elektr o'tkazuvchanligi, ( $\frac{1}{\text{om}}, \frac{1}{\text{sm}}$ )**

| T/r | Eritmalar<br>konsentratsiyasi | KCl                  | NaOH | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | NaCl                 |
|-----|-------------------------------|----------------------|------|--------------------------------|----------------------|
| 1   | 5                             | 6,9×10 <sup>-2</sup> | 0,19 | 0,21                           | 6,7×10 <sup>-2</sup> |
| 2   | 10                            | 0,14                 | 0,31 | 0,39                           | 0,12                 |
| 3   | 15                            | 0,20                 | -    | 0,54                           | 0,16                 |

Eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi eritmadagi ionlar konsentratsiyasiga bog'liq. Ionlarning konsentratsiyasi qanchalik yuqori va ularning absolut tezligi qancha katta bo'lsa, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik shuncha yuqori bo'ladi.

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik konsentratsiyasi ortishi bilan ma'lum maksimum qiymatga qadar ko'payib, boradi shundan keyin ionlar orasidagi o'rtacha masofa kamayishi bilan, ionlararo ta'sir kuchlari ortganligidan ionlarning harakatchanligi kamayishi sababli solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ham kamaya boshlaydi. Bundan tashqari, konsentratsiyasi o'rtishi bilan elektrolitning dissilyalanish darajasi kamayadi.

Shu sababli elektr o'tkazuvchanlikni o'rganish uchun ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik ( $\lambda$ ) tushunchasidan foydalaniladi. U berilgan eritmada eritma  $g \cdot \text{ekv}$  elektrolitdan hosil bo'lgan ionlarning o'tkazuvchanligini ko'rsatadi va quyidagicha ifodalaniladi:

$$\lambda = 1000 \cdot \frac{\chi}{S}.$$

Bunda  $\chi$  – solishtirma elektr o'tkazuvchanlik,  $C$  – eritmaning  $\frac{g - \text{ekv}}{l}$  da ifodalangan konsentratsiyasi.

Demak, ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik elektrodlar orasidagi masofa 1  $\text{sm}$  bo'lganda, tarkibida 1  $g \cdot \text{ekv}$  erigan modda bor eritmaning elektr o'tkazuvchanligidir.

## VI.11. Ionlarning harakatlanish qonuni

Eritmalarda elektr zaryadini tashuvchilar ionlar bo'lganligi sababli eritmaning elektr o'tkazuvchanligi ionlarning konsentratsiyasiga to'g'ri mutanosib bo'ladi. Berilgan konsentratsiyada esa elektr o'tkazuvchanlik ionlarning harakatlanish tezligiga to'g'ri mutanosib bo'ladi.

Ionning harakatlanish tezligi uning tabiatiga, maydon kuchlan-

ganligiga, konsentratsiyaga, haroratga, muhitning qovushoqligiga va boshqalarga bog'liq bo'ladi.

Agar kationning absolut harakatlanish tezligi  $u \frac{sm}{sek}$  anionniki  $v \frac{sm}{sek}$  bilan belgilasak,  $uF$  kationning harakatchanligi  $vF$  anionning harakatchanligi deyiladi.

Kationning harakatchanligini  $I_k$  anionning harakatchanligini  $I_a$  bilan belgilaymiz. Kationlar tashigan ( $n_k$ ) va anionlar tashigan ( $n_a$ ) elektr ulushi **tashish soni** deyiladi:

$$n_k = \frac{i_k}{i} = \frac{u}{u+v} = \frac{l_k}{l_k + l_a},$$

$$n_a = \frac{i_a}{i} = \frac{v}{u+v} = \frac{l_a}{l_k + l_a}.$$

Bunda  $i_k$  va  $i_a$  kationlar hamda anionlar tashigan elektr miqdori:

$$i = i_k + i_a.$$

Bunda kationlar tashish sonining anionlar tashish soniga nisbati kationlar va anionlar absolut tezliklarining yoki harakatchanliklari - ning nisbatiga teng:

$$\frac{n_k}{n_a} = \frac{u}{v} = \frac{l_k}{l_a}.$$

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikni  $\lambda$  bilan belgilasak to'liq, dis-sotsialanadigan kuchli elektrolitlar uchun

$$\lambda = i_k + i_a.$$

Kuchsiz elektrolitlar uchun esa,

$$\lambda = \alpha \cdot (i_k + i_a).$$

Bunda  $\alpha$  elektrolitning dissotsialanish darajasi.

Eritma cheksiz suyultirilganda, ya'ni  $I_k \rightarrow I_{\infty}$ ,  $I_a \rightarrow I_{\infty}$ , va  $\alpha = 1$ ,  $\lambda = \lambda_{\infty}$  bo'lganda tenglama quyidagi holga keladi:

$$\lambda_{\infty} = I_k + I_a$$

Bu degan so'z, kation va anionlar harakatchanligining yig'indisi eritmaning cheksiz suyultirilgan ekvivalent elektr o'tkazuvchanligiga teng. Yuqoridagi tenglama **Kolraushning ionlarning mustaqil harakatlanish qonuni** deyiladi. Ionlarning harakatchanligi

$$\frac{sm^2}{om \cdot g - ekv}$$

bilan o'lchanadi. Ionlarning ( $I_k$  va  $I_a$ ) ularning absolut harakatlanish tezliklari ( $u$  hamda  $v$ ) ga to'g'ri mutanosib bo'lgani sababli harakatchanlikni elektr o'tkazuvchanlik birliklarida ifodalasak, quyidagicha bo'ladi:

$$I_k = Fu$$

va

$$I_a = Fv.$$

Bu tenglamalarni yuqoridagi tenglamaga qo'ysak,

$$\lambda_a = F(u + v)$$

bo'ladi.

Ya'ni, eritmaning cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi Faradey sonining ionlar absolut harakatlanish tezliklari yig'indisiga ko'paytirilganiga teng. Eritmaning elektr o'tkazuvchanligi erituvchining tabiatiga, jumladan, uning qovushqoqligiga bog'liqligi aniqlangan:

$$\lambda_a \eta = \text{const} .$$

Bunda  $h$  – toza erituvchining qovushqoqligi,  $\text{const}$  harorat funksiyasidir, ya'ni bu qiymat berilgan erituvchi uchun haroratga qarab o'zgaradi. Bu ifoda *Valden qoidasi* deyiladi.

**Kuchsiz elektrodlarining dissotsiyanish darajasini va kuchli elektrodlar eritmalarining elektr o'tkazuvchanlik koefitsiyenti elektr o'tkazuvchanlik metodi bilan aniqlash:**

Arrenius nazariyasiga ko'ra, elektrodlar eritmalarda ionlarga dissotsilanadi. Va dissotsilanish darajasi ionlarga ajralgan molekullar sonining dastlabki eritilgan molekullar soniga nisbati bilan aniqlaniladi.

Eritma suyultirilgan sari elektrolitlarning dissotsiyanish darajasi ortib boradi.

Bunda ionlar ko'payadi va demak, eritmaning elektr o'tkazuvchanligi eritma suyultirilganda dastlab ortadi, chunki konsentratsiyaning kamayishiga qaraganda dissotsiyanish natijasida hajm birligidagi ionlar soni tezroq ko'payib boradi. Eritma yanada suyultirilganida esa hajm birligidagi moddaning umumiy miqdori va demak, 1 ml dagi ionlar soni kamaya boshlaydi, natijada elektr o'tkazuvchanlik ham kamayadi.

Suyultirilganda ionlar sonining ko'payish chegarasi moddaning ionlarga to'liq dissotsiyanishidir, shundan keyin ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik ortmaydi.

Boshqacha aytganda, cheksiz suyultirilgan eritmadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik moddaning ionlarga to'liq dissotsiyanigan holatiga muvofiq keladi. Istalgan boshqa suyultirishdagi elektr o'tkazuvchanlik  $l_p$  esa moddaning ionlarga qisman dissotsiyanigan holatiga to'g'ri keladi. Bu ikki xil elektr o'tkazuvchanlikning

nisbati  $\frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$  maksimum mumkin bo'lgan ionlardan qanchasi ayni

suyultirishda hosil bo'lganligini, ya'ni elektrolitning dissotsiyanish darajasini ko'rsatadi:

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_{\infty}} = \alpha,$$

$\lambda_v$  ning qiymati tajribada o'lchab,  $\lambda_{\infty}$  uchun jadvallar yordamida topiladi va yuqoridagi formuladan elektrolitning dissotsiyanlash darajasi hisoblab chiqiladi.

Kuchli elektrolitlar uchun  $\frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$  nisbat elektr o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deyiladi. Va  $F$  bilan belgilaniladi. Bu koeffitsiyent ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning qiymati  $l_v$  elektrolitning berilgan konsentratsiyasi uchun muvofiq keladigan nazariy qiymatidan necha marta kam ekanligini ko'rsatadi:

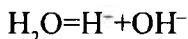
$$F = \frac{\lambda}{\lambda_v}.$$

Kuchli elektrolitlar to'liq dissotsiyanlangan va eritmadagi ionlar soni o'zgarmas bo'lsa hamda ularda  $\lambda = \lambda_{\infty}$  deb bo'lmaydi. Tajribalar ko'rsatishicha bu tenglik eritma cheksiz suyultirilganda, ya'ni harakatlanayotgan kation yoki anionga ion atmosferasining ta'siri susaygan holdagina to'g'ri bo'ladi.

Demak, kuchli elektrolitlar elektr o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining elektrolitning konsentratsiyasiga va uning valentligiga bog'liq. Masalan, 0,1 n eritmada 1-1 valentli elektrolit (masalan, KCl) uchun ( $F = 0,860$ ); 1-2 valentli elektrolit (masalan,  $K_2SO_4$ ) uchun ( $F = 4$ ) va hokazo, suyultirilgan eritmalarda 1 ga teng bo'ladi.

## VI.12. Suvning elektrolitik dissotsiyanlashi

Suv hosil qiladigan ionlar, ya'ni vodorod va gidroksil ionlari fiziologik jihatdan juda aktiv hisoblanadi. Shuning uchun suvning elektrolitik dissotsiyanlashini o'rganish katta ahamiyatga ega. Suv kuchsiz elektrolit bo'lganligi uchun kam darajada bo'lsa ham dissotsiyanlashi:



Bunda hosil bo'lgan ionlar ko'p bo'lmasada, fiziologik ta'sir ko'rsatish uchun yetarli miqdorda bo'ladi. Suvning dissotsiylanish konstantasi quyidagicha ifodalaniladi:

$$K=\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{\text{H}_2\text{O}}.$$

Suvda vodorod ioni suv molekulasini bilan birikib gidroksoniy ionini hosil qiladi. Lekin, soddalashtirish maqsadida gidroksoniy ionini ham  $\text{H}^+$  orqali belgilaymiz. Termodinamik jihatdan dissotsiylanish konstantasi quyidagicha ifodalaniladi:

$$K=\frac{a_{\text{H}^+}\cdot a_{\text{OH}^-}}{a_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Ya'ni konsentratsiyasi o'rniga aktivliklar ( $a$ ) qo'yiladi.

Tajribalar absolut toza suvda dissotsiylanmagan 555 *mln* suv molekulasiga  $\text{H}^+$  va  $\text{OH}^-$  ionlariga dissotsiylanmagan bitta molekula to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

Absolut toza suvda dissotsiylanmagan molekular konsentratsiyasi o'zgarmas miqdor bo'lgani sababli ion ko'paytmasi ham o'zgarmas miqdor bo'ladi.

Demak, suvning dissotsiylanish tenglamasini soddalashtirib, ion ko'paytmasi ko'rinishida ifodalash ham mumkin:

$$K_{\text{H}_2\text{O}}=[\text{H}^+]\cdot[\text{OH}^-]$$

Suvning dissotsiylanish konstantasini aniqlash uchun kimyoviy toza suv olish kerak. Odatdagi distillangan suvni absolut toza deb bo'lmaydi.

Chunki uning tarkibida har xil qo'shimchalar va, ayniqsa, erigan karbonat angidrid ko'p bo'ladi. Karbonat angidrid suv bilan reaksiyaga kirishib karbonat kislotasi hosil qiladi.

Suvga o'zi bilan shu sababli odatdagi distillangan suv neytral



emas, balki kislotali muhitga ega bo'ladi. Absolut suvning dissotsi-  
yalanish konstantasini dastlab Kolraush va Geydveylar (1849-yil)  
elektr o'tkazuvchanlik usuli bilan aniqlaganlar.

Ularni suv bilan maxsus asboblarda tozalab, bir necha bor hay-  
dash yo'li bilan havosiz joyda absolut toza suv hosil qilganlar va  
shu joyda elektr o'tkazuvchanligini o'lganlar.

Kolraush va Geydveylar ma'lumotiga ko'ra suvning ion ko'payt-  
masi (dissotsiyanish konstantasi)  $22^{\circ}\text{C}$  da  $10^{-14}$  ga teng:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-]=K_{\text{H}_2\text{O}}=10^{-14}$$

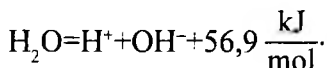
Suvning ion ko'paytmasi qiymatini bilgan holda suvdagi  
vodorod va gidroksil ionlarining konsentratsiyasini oson hisoblab  
topish mumkin. Absolut toza suvda  $\text{H}^+$  va  $\text{OH}^-$  ionlar miqdori o'za-  
ra teng bo'ladi:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-]=[\text{H}^-]^2K_{\text{H}_2\text{O}}=10^{-14}$$

Bunda vodorod ionlarining konsentratsiyasi:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-]=\sqrt{10^{-14}}=10^{-7}.$$

Suv molekularining ionlarga dissotsiyanishi endotermik ja-  
rayondir:



18 g suv ionlarga ajralganda 56,9 kJ issiqlik yutiladi. Aksincha  
1 g  $\text{H}^+$  ionlari 17 g  $\text{OH}^-$  ionlari bilan birikkanda 56,9 kJ issiqlik  
chiqadi.

Le-Shatelle prinsipiga ko'ra harorat ko'tarilganda muvozanat  
o'ng tomonga siljiydi, ya'ni endotermik reaksiya kuchayib vodorod  
va gidroksil ionlarning konsentratsiyasi ortadi. Demak, suvning  
ionlar ko'paytmasi ham ortadi.

## Turli haroratda suvning ion ko'paytmasi

| T/r | T, °C | $K_{H_2O} \cdot 10^{14}$ | T, °C | $K_{H_2O} \cdot 10^{14}$ | T, °C | $K_{H_2O} \cdot 10^{14}$ |
|-----|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|
| 1   | 0     | 0,1139                   | 25    | 1,008                    | 60    | 5,474                    |
| 2   | 10    | 0,2920                   | 35    | 2,089                    | 60    | 9,614                    |
| 3   | 20    | 0,6809                   | 45    | 4,018                    | 100   | 59,0                     |

### VI. 13. Konduktometriya

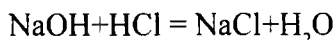
Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligini o'lchashga asoslangan elektrokimyoviy analiz usuli ***konduktometriya*** deyiladi.

Konduktometrik usulda ma'lum tarkibli eritmalaridagi tuz, kislo-ta va asoslarning konsentratsiyasi, tabiiy suvlardagi qattiq qoldiq aniqlaniladi va h. k.

Konduktometrik titrlash, ya'ni elektr o'tkazuvchanlikni o'lchab turib tirilash usuli, ayniqsa, sanoatda va qishloq xo'jaligida katta ahamiyatga ega.

Odatda, indikatorlar yordamida tirilash mumkin bo'lmay qo-ladigan hollarda bu usul, ayniqsa, qo'l keladi. Konduktometrik titr-lash usulining mohiyati shundaki, qo'shilayotgan eritmada ionlar titrlanayotgan eritmada ionlar bilan birikib kam dissotsilanadi-gan birikma (masalan,  $H_2O$ ) yoki kam eriydigan modda (masalan,  $AgCl$ ) hosil qiladi. Olingan eritmada esa yo'qolgan ionlar o'rnini ekvivalent miqdordagi boshqa ionlar egallaydi.

Ionlarning harakatchanligi bir-biridan farq qilganligi sabab-li eritmaning elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Masalan, natriy gidroksid suyultirilgan eritmasining  $18^\circ C$  dagi ekvivalent o'tkuz-  
chanligi:



$$\lambda_{NaOH} = 43,3 + 174 = 217,3$$

O'yuvchi natriy xlorid kislota bilan to'liq neytrallanganda eritmada faqat  $\text{Na}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlari qoladi va eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi:

$$\lambda_{\text{NaCl}} = 43,3 + 65,3 = 108,6$$

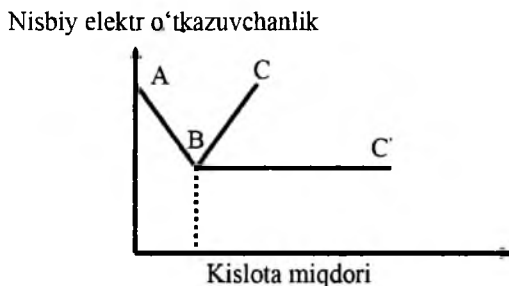
ga teng bo'ladi.

Demak, o'yuvchi natriy eritmasiga asta-sekin xlorid kislota qo'shilganda eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi 217,3 dan 108,6 ga qadar kamayadi.

Kislota ortiqcha miqdorda qo'shilganda eritmadagi ionlar miqdori ekvivalent miqdordan ortib ketadi, bundan tashqari, juda harakatchan  $\text{H}^+$  ionlar paydo bo'ladi.

Shuning uchun elektr o'tkazuvchanlik ortib boradi va nihoyat xlorid kislota bilan natriy xloridning ekvivalent elektr o'tkazuvchanliklari yig'indisiga tenglashadi.

Agar elektr o'tkazuvchanlikning qo'shilgan kislota miqdoriga qarab, o'zgarish diagrammasini chizsak quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



32-rasm. Konduktometrik titrlash egri chizig'i.

Kodutometrik titirlash elektr o'tkazuvchanlik o'lchanadigan odatdagi qurilmalarda o'tkaziladi.

Elektr o'tkazuvchanlik eritmadagi barcha ionlarga bog'liqligi sababli birorta ion miqdorini boshqa ionlar ishtirokida topish yetar-

licha aniq natija bermasligi mumkin. Shu sababli keyingi paytlarda konduktometrik titrlash o'rniga yuqori chastotali titrlash usulidan ko'proq foydalanilmoqda.

**Elektr o'tkazuvchanlikning ahamiyati:** Elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash orqali qishloq xo'jaligida muhim zaruriy ma'lumotlar olinadi. Urug', don, paxta kabi qishloq xo'jalik mahsulotlari - ning namligini aniqlash tabiiy suvlarning minerallasganlik darajasini aniqlash tuproqdagi tuzlarning miqdorini aniqlash kabi ishlar, asosan, eritmalarning elektr o'tkazuvchanligini o'lchash yo'li bilan bajariladi.

Bu ishlarni bajarishda konduktometriya usullaridan keng ko'lamda foydalaniladi.

Don mahsulotlarining namligini o'lchash asboblari (nam o'lchagichlar) ning ishlash prinsipi juda oddiy bo'lib, bunda namligi o'lchanadigan namuna (don) maxsus idishdagi ikki elektrod orasiga qo'yiladi va Kolraush ko'prigi yordamida shu namunaning qarshiligi o'lchanadi.

Donda namlik qancha ko'p bo'lsa, uning elektr qarshiligi shuncha kam bo'ladi. Asbobning shkalasi har qaysi turdagi don uchun namlikning massa foizlarida darajalangan bo'ladi. Bu metod juda oddiyligi bilan bir qatorda ish tez bajarilib, juda aniq natija olinadi shu sababli qishloq xo'jalik amaliyotida ko'p qo'llaniladi.

Hozirgi paytda tuproqdagi tuzlar miqdori, tuproq so'rimi (eritmasi) elektr o'tkazuvchanligini o'lchash asosda aniqlanmoqda. Shu maqsadda ishlatiladigan asboblari **tuz o'lchagichlar** deyiladi.

## VI. 14. Absorbsiya

Qaynash jarayonidan ma'lumki, suvda ma'lum miqdorda yutilgan havo mavjud. Bu faqatgina havo emas, balki boshqa gazlar uchun ham o'rinlidir. Suyuqlik hamma vaqt aniq bir miqdorda gaz molekularini o'zida yutgan bo'ladi. Bug', gaz yoki tutunli gazlarning hamda bug' gaz aralashmalaridagi bir va bir necha komponentlarning suyuqlik hajmida yutilish jarayoni **absorbsiya** deb ataladi. Yuti-

layotgan gaz **absorbktiv**, yutuvchi suyuqlik **absorbsent** deyiladi.

Absortiv bilan absorbentning o'zaro ta'siriga ko'ra absorbsiya jarayoni ikki xil bo'ladi: fizik absorbsiya va kimyoviy absorbsiya (xemosorbsiya). Fizik absorbsiyada yutilayotgan gaz bilan absorbent o'zaro bir-biri bilan kimyoviy birikmaydi. Agar yutilayotgan gaz absorbent bilan o'zaro birikib, kimyoviy birikma hosil qilsa **xemosorbsiya** deyiladi.

Fizik absorbsiya ko'pincha qaytar jarayondir, ya'ni suyuqlikka yutilgan gazni ajratib olish mumkin bo'ladi, bu hol **desorbsiya** deyiladi. Absorbsiya bilan desorbsiya jarayonlarini uzluksiz olib borish natijasida yutilgan gazni toza holda ajratib olish va yutuvchi absorbentni bir necha marta qayta ishlatish imkoni tug'iladi.

Absorbktiv va absorbent arzon va ikkilamchi mahsulot bo'lgani uchun, ular absorbsiya jarayonidan keyin ko'pincha qayta ishlatilmaydi (masalan, gazlarni tozalaganda).

Sanoatda absorbsiya jarayoni turli maqsadlarda qo'llaniladi:

1) Gaz aralashmalaridan qimmatbaho komponentlarni (masalan, krekinglangan gazlardan yoki metan pirolizidan atsetilen, koks gazi aralashmalaridan ammiak, benzolin; neftni qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan gaz aralashmalaridan har xil uglevodorod va shu kabilarni) ajratib olishda;

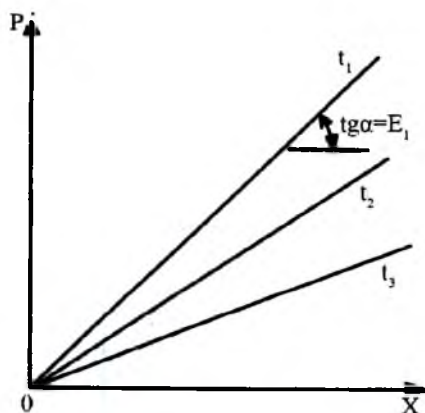
2) Komponentlarni har xil zaharli moddalardan tozalash uchun (mineral o'g'itlarni olishda hosil bo'lgan gaz aralashmalarini ftor birikmalaridan, ammiak sintez qilganda azot vodorod aralashmalarini ftor birikmalaridan, CO va CO<sub>2</sub> oksidlardan tozalashda);

3) Tayyor mahsulotlar masalan, SO<sub>3</sub> va azot oksidlar, HCl ning suvda yutilishi natijasida kislotalar olishda va h. k.

Absorbsiya jarayonida suyuqlik tarkibidagi gazning miqdori suyuqlik va gazning xususiyatiga, bosim, harorat va gaz fazasining tarkibiga bog'liq. Suyuqlik bilan biror gaz aralashmasining o'zaro ta'siri natijasida taqsimlanuvchi komponent *A* tashuvchi komponent *B* yordamida suyuqlikda erigan bo'lsa, fazalar qoidasiga muvofiq komponentlarning soni va erkinlik darajasi uchga teng bo'ladi.

Demak, gaz- suyuqlik sistemasida ikkala fazaning harorati, bo-

simi va konsentratsiyasi o'zgarishi mumkin.



33-rasm. Absorbsiya hodisasining bosim va parsial bosim (yoki konsentratsiya)ga bog'liqligi.

Shuning uchun o'zgarmas harorat va umumiy bosimda muvozanat holidagi gazning parsial bosimi (yoki uning konsentratsiyasi) bilan suyuq faza tarkibining o'zaro bog'lanishi bir xil bo'ladi. Bu bog'lanish Genri qonuni bilan ifodalanib, erigan gazning parsial bosimi eritmadagi uning mol qismiga mutanosibdir:

$$P_A = EX_A.$$

Suyuqlikdagi gazning eruvchanligi (yutilgan komponenti  $A$ ) ma'lum haroratda uning suyuqlik yuzasidagi parsial bosimiga mutanosibdir:

$$X = \frac{P_A}{E}.$$

Genri koeffitsiyentining miqdori berilgan gaz uchun yutilayotgan suyuqlik va gazning tarkibiga, haroratiga bog'liq bo'lib, sistemaning umumiy bosimiga bog'liq emas.  $E$  ning haroratga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C,$$

bunda  $q$  – eriydigan gazning differensial issiqligi,  $R$  – gaz doimiysi,  $C$  – yutayotgan suyuqlik gazning tabiatiga bog‘liq bo‘lgan o‘zgarmas kattalik. Ideal suyuqliklar uchun har xil haroratda konsentratsiyaning bosim bilan o‘zaro bog‘lanishi  $P$ - $x$  diagrammada to‘g‘ri chiziqli ko‘rinishida Genri koeffitsiyentiga teng bo‘lgan og‘ma chiziqlar orqali tasvirlanadi. 33-rasmga va yuqoridagi tenglamaga muvofiq, harorat ortishi bilan Genri koeffitsiyentining miqdori (bir xil sharoitda) ortadi, (2) tenglamaga muvofiq esa gazning suyuqlikdagi eruvchanligi kamayadi.

## VI.15. Adsorbsiya

Gaz aralashmalari hamda eritmalardagi bir va bir necha komponentlarning g‘ovaksimon qattiq jismlar yuzasi bo‘ylab (adsorbentda) yutilish jarayoni **adsorbsiya** deyiladi. Yutiluvchi modda adsorbent yoki adsorbktiv deyiladi. Har bir adsorbent murakkab aralashmalarda ma‘lum komponentlarni yutib, aralashmaning boshqa komponentlariga ta‘sir qilmaydi. Demak, adsorbentlar tanlash xususiyatiga ega, yutilgan modda adsorbentdan desorbsiya yo‘li bilan ajratib olinadi.

Adsorbsiya jarayoni ko‘pincha gaz va suyuqlik aralashmalardagi yutilayotgan komponentning konsentratsiyasi kam miqdorda bo‘lganda, adsorbktivni butunlay ajratib olish uchun qo‘llaniladi.

Adsorbsiya jarayoni ikki xil bo‘ladi: fizik va kimyoviy (xemosorbsiya). Fizik adsorbsiya jarayonida kam issiqlik ajralib chiqib, bu issiqlik **yashirin bug‘lanish issiqligi** deyiladi va bir necha kalloriyaga teng bo‘ladi. Kimyoviy adsorbsiyada esa ajralib chiqadigan issiqlik odatdagi kimyoviy reaksiyalarning issiqlik hisobida bir necha yuz kalloriyaga yetadi. Shunday qilib, kimyoviy adsorbsiya yuqori haroratda kichik tezlikda boradi.

Adsorbsiya jarayonining tanlovchanlik xususiyati adsorbentning

va yutilayotgan moddaning tabiatiga, konsentratsiyasiga, haroratga hamda gazlar yutilayotgan bo'lsa, bosimga ham bog'liq bo'ladi. Adsorbentning faollashgan yuzasi adsorbentning molekulari bilan to'yingandan keyin jarayon to'xtaydi.

Adsorbsiya jarayonining tezligi esa adsorbentlarning solishtirma yuzalarining kattaligiga bog'liq.

Sanoatda adsorbent sifatida adsorbentning massa yoki birlik hajmiga nisbatan katta solishtirma yuzaga ega bo'lgan g'ovaksimon qattiq moddalar ishlatiladi. Adsorbentlar zarracha ichidagi kapillar kanallarining kattaligiga qarab shartli ravishda makro, oraliq, mikrog'ovakli bo'ladi. Makrog'ovakli adsorbentlarning kapillar kanallari diametrining o'lchami  $2 \cdot 10^{-4}$  mm dan yuqori, oraliq g'ovaklilarniki  $6 \cdot 10^{-6}$ – $2 \cdot 10^{-4}$  mm, mikrog'ovaklarniki esa  $2 \cdot 10^{-6}$ – $6 \cdot 10^{-6}$  mm bo'ladi.

Adsorbsiya jarayonining xususiyati adsorbent g'ovaklarining kattaligi bilan tavsiflanadi. Makrog'ovakli adsorbentlarning solishtirma yuzasi kichik bo'lgani uchun bunday adsorbentning devorlarida juda kam miqdorda modda yutiladi. Makrog'ovakli adsorbentlarda yutilayotgan molekularlar ularning kanallari orqali uzatiladi.

Oraliq g'ovakli adsorbentlarning yuzasida adsorbsiya jarayoni davomida yutilayotgan modda molekularlarining kattaligi g'ovak teshiklaridan katta bo'lgani uchun yutilayotgan modda qatlami hosil bo'ladi. Adsorbentning yuzasida yutilayotgan modda molekularlarining soniga nisbatan bir va ko'p molekularlar qatlami hosil bo'ladi. Bu jarayon mono va polimolekulali adsorbsiya deyiladi. Mikrog'ovakli adsorbentlarda teshiklarning kattaligi yutilayotgan molekularlarning kattaligiga teng bo'lib, adsorbsiya davomida mikrog'ovaklarning hajmlari yutilayotgan molekularlar bilan to'ldiriladi. Shuning uchun jarayon davomida mikrog'ovakli adsorbentlarning yuzasida yutilgan modda qatlamining fizik jihatdan ahaniyati kam.

Adsorbentlarning muhim tavsiflaridan biri uning faolligi yoki adsorbsiyalash qobiliyatidir. Uning faolligi adsorbentning birlik massasi yoki hajmida modda yutilish miqdori bilan aniqlaniladi.



Adsorbentning moddalarni yutish qobiliyati harorat, bosim va yutilayotgan moddaning konsentratsiyasiga bog'liq. Adsorbentlarning bu sharoitlardagi maksimal yutish qobiliyati shartli ravishda **muvozanat faollik** deyiladi. Adsorbentlar o'z faolligidan qat'i nazar, zichligi, ekvivalent diametri, mexanik mustahkamligi, granulometrik tarkibi, yutish yuzasining birlik hajmi bilan tavsiflanadi.

### Savol va topshiriqlar

1. *Eritma va eruvchanlik tushunchalariga ta'rif bering.*
2. *D. I. Mendeleyevning eritmalariga oid gidratlar nazariyasi nimadan iborat?*
3. *Eritma konsentratsiyasi qanday usullar bilan ifodalanadi?*
4. *Qattiq jismlarning va gazlarning suyuqliklarda erishi uchun misollar keltiring.*
5. *Nima uchun gazlarning suyuqliklarda eruvchanligi harorat ortishi bilan kamayadi?*
6. *Qanday shart mavjud bo'lganda Genri qonuni qo'llaniladi?*
7. *Elektrolitik dissotsiylanish jarayonini tushuntiring.*
8. *Suvning ion ko'paytmasini yozing.*
9. *Osmos va osmotik bosimni tushuntiring.*
10. *Adsorbsiya va absorbsiya jarayonlarini tushuntiring.*

## VII. BOB

### KIMYOVIY KINETIKA VA KATALIZ

**Kimyoviy kinetika** – kimyoviy reaksiyalarning tezligi haqidagi ta’limot bo’lib, u kimyoviy reaksiyalar tezligining vaqt bo’yicha o’zgarishi qonuniyatlarini o’rganadi. Turli kimyoviy reaksiyalar har xil tezlikda boradi.

Ba’zi reaksiyalar juda tez boradi, boshqalari shu darajada sekin boradiki, yuzaki qaraganda hatto reaksiya bormayotganga o’xshaydi. Portlash bir onda sodir bo’ladigan reaksiyaga misoldir. Bunda sekundning ulushlari qadar vaqt ichida portlovchi qattiq modda gazsimon mahsulotlarga aylanadi.

Temirning zanglashi, ya’ni korroziyalanish jarayoni yillar davomida boradigan reaksiyadir. Korroziylanish tufayli yiliga ishlab chiqariladigan metallning taxminan 12% befoyda yo’qoladi. Korroziyalanish jarayoni atrof-muhitga bog’liq.

Masalan, namlik yuqori va havosi o’rtacha issiq mamlakatlarda po’lat va temir buyumlar o’rtacha mintaqalardagiga qaraganda tezroq zanglaydi.

Bir idishga xona haroratida vodorod bilan kislorodni aralashtirib solinsa, har qancha uzoq vaqt qo’yib qo’yilganda ham idishda suv tomchisi paydo bo’lmaydi. Bunda vodorod kislorod bilan umuman birikmaydiganga o’xshaydi.

Aslida esa reaksiya juda sekin boradi idishda suv tomchisi hosil bo’lishi uchun necha ming yil o’tishi kerak. Lekin, shu idish qizdirilganda tez orada «terlaydi» suv hosil bo’ladi.  $500^{\circ}\text{C}$  da esa bu gazlar bir onda portlash bilan birikib suv hosil qiladi. Biror reaksiyadan amalda foydalanishda uning qanday tezlik bilan borishini bilishning ahamiyati katta.

Masalan, kimyoviy reaksiyalardan foydalaniladigan ishlab

chiqarish jarayonlarida apparatning unumdorligi reaksiyaning tezligiga bog'liq. Agar ko'mirning yonish reaksiyasi bir onda sodir bo'ladigan bo'lsa, biz ko'mirdan yoqilg'i sifatida foydalana olmagan bo'lar edik. Kimyoviy kinetika qonunlarini o'rganish sodir bo'ladigan jarayonning muhim tomonlarini, reaksiyaning mexanizmning chuqurroq tushunib olishga, reaksiyalarni ongli ravishda boshqarishga imkon beradi.

Kimyoviy kinetikani o'rganishga rus olimlaridan N. A. Men - shutkin (birinchi bo'lib eritmalaridagi reaksiyalarning kinetikasini tekshirgan), N. A. Shilov (murakkab reaksiyalarning kinetikasini o'rgangan) va boshqa olimlar katta hissa qo'shgan.

## VII.1. Gomogen reaksiyalar. Reaksiya tezligi

Reaksiyalar qanday moddalar orasida va qanday sharoitda sodir bo'layotganiga qarab gomogen va geterogen reaksiyalarga bo'lina-di. Reaksiyaga kirishayotgan moddaning ikkalasi ham bir xil fazada bo'lsa va ular orasida chegara sirtlar bo'lmasa (masalan, gaz bilan gaz, suyuqlik bilan suyuqlik) bunday reaksiyalar **gomogen reaksiyalar** deyiladi.

Agar reaksiyaga kirishayotgan moddalar turli fazalarda hamda ularni bir-biridan ajratib turadigan chegara sirtlari bo'lsa, bunday sistemalarda sodir bo'ladigan reaksiyaga **geterogen reaksiyalar** deyiladi.

Umuman kimyoviy reaksiyalarda reaksiyaga kirishayotgan modda massasining o'zgarishi muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun reaksiyaning tezligi vaqt birligi ichida reaksiyaga qancha modda kirishganligi (yoki reaksiya natijasida qancha modda hosil bo'lganligini) ko'rsatish kerak.

Kimyoviy reaksiyaning tezligi har qaysi vaqt oralig'ida o'zgarib turadi. Vaqt o'tgan sari reaksiya uchun olingan moddalarning konsentratsiyasi kamayganligi sababli reaksiya tezligi ham kamayadi. Reaksiyaning o'rtacha tezligi, odatda,  $t_2 - t_1$  vaqt oralig'ida konsentratsiyaning o'zgarishi ( $C_2 - C_1$ ) bilan aniqlanadi:

$$v_{o'r} = \pm \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}.$$

O'rtacha tezlik reaksiyaning ayni paytdagi tezligini ko'rsatmaydi, shu sababli reaksiyaning haqiqiy tezligidan foydalanish qulay. Reaksiyaning haqiqiy tezligi  $v$  cheksiz kichik vaqt oralig'ida konsentratsiyaning o'zgarishi bilan aniqlanadi:

$$v = \pm \frac{dC}{dt}.$$

Bunda dastlabki moddalar konsentratsiyasining o'zgarishi hisobga olinsa manfiy (-) ishora, reaksiya mahsulotlaridan birining konsentratsiyasi nazarda tutilsa musbat (+) ishora olinadi, lekin ikkala holda ham tezlik musbat hisoblanadi.

Endi kimyoviy reaksiya tezligining reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasiga bog'liqligini gazlar orasidagi reaksiya misolida ko'rib chiqamiz. Ma'lumki, gaz holidagi molekulalar o'zaro ta'sirlashishi uchun ular to'qnashuvi kerak. Lekin har qaysi to'qnashuvda ham reaksiya sodir bo'lavermaydi.

To'qnashganda reaksiyaga kirishish molekulaning qanday holatda ekanligiga bog'liq. Aktivlanish energiyasiga ega bo'lgan molekulalar to'qnashgandagina reaksiya sodir bo'ladi. Ammo molekulalar soni qancha ko'p bo'lsa, ya'ni reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, to'qnashuvlar soni va binobarin reaksiyaga kirishayotgan molekulalar soni ham ko'payadi, boshqacha aytganda, reaksiya tezligi ortadi.

Reaksiya tezligining reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasiga bog'liqligini birinchi marta norvegiyalik olimlar K. M. Guldberg va P. Vaage aniqlagan. Bu qonuniyat *massalar ta'siri qonuni* deyiladi va quyidagicha ta'riflanadi: kimyoviy reaksiya - ning tezligi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalari ko'paytmasiga proporsionaldir. Agar  $A$  va  $B$  moddalar o'zaro reaksiyaga kirishayotgan bo'lsa, massalar ta'siri qonuni quyidagicha

yoziladi:

$$\nu = kC_A \cdot C_B$$

Bunda  $k$  har qaysi reaksiya uchun berilgan haroratda o'zgarmas kattalik bo'lib, **reaksiyaning tezlik konstantasi** deyiladi. U son jihatdan boshlang'ich moddalardan har birining konsentratsiyasi 1 ga teng bo'lgandagi tezligiga teng. Yuqoridagi tenglama reaksiyada  $A$  va  $B$  moddalardan bir molekula ishtirok etgan hol uchun yozilgan. Agar reaksiyada  $A$  moddadan  $m$  molekula,  $B$  moddadan  $n$  molekula ishtirok etgan bo'lsa, massalar ta'siri qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\nu = kC_A^m \cdot C_B^n,$$

ya'ni modda formulasi oldidagi koeffitsiyent tezlik tenglamasida konsentratsiya darajasiga qo'yiladi.

## VII.2. Geterogen reaksiyalar kinetikasi

Yuqorida bir jinsli gomogen muhitda sodir bo'ladigan reaksiyalarni ko'rib chiqdik. Agar reaksiya turli fazalardagi moddalar orasida geterogen muhitda sodir bo'ladigan bo'lsa, unga gomogen reaksiyalar kinetikasi qonuniyatlarini tatbiq etib bo'lmaydi.

Ikki faza masalan, qattiq va suyuq faza chegarasida sodir bo'ladigan reaksiya kimyoviy o'zgarish bilangina emas, balki moddalar - ning faza ichidan uning sirtiga chiqishi, shuningdek, mahsulotlar - ning reaksiya zonasidan yo'qotilishi bilan ham bog'liq. Shuning uchun geterogen reaksiyalarning kimyoviy kinetikasida massa uzatish qonunlari, diffuziya qonunlari amal qiladi.

Geterogen reaksiya jarayoni bir necha bosqichdan (reaksiya zonasiga o'tish zonasidan olib ketilishi bosqichidan) iborat bo'lganligi uchun jarayonning umumiy tezligi eng sekin boradigan bosqichning tezligi bilan aniqlaniladi. Geterogen reaksiyada reaksiya mahsulotlarining konsentratsiyasi ortishi bilan ular diffuziylanishi tufayli reaksiya zonasidan ham chiqib turadi, shuning uchun bunday reaksiyalarda statsionar holat vujudga kelishi mumkin.

Bunda moddaning diffuziyanish oqimi  $D$  moddaning tashqi muhitdagi va reaksiya zonasidagi konsentratsiyalarining ayirmasiga mutanosib bo'ladi:

$$D = \beta(C_0 - C_x).$$

Bunda  $\beta$  massa uzatish koeffitsiyenti  $C_0$  boshlang'ich modda - ning muhitdagi va  $C_x$  reaksiya zonasidagi konsentratsiyalari  $b$  ning qiymati diffuziya koeffitsiyentining diffuziyanish qatlami qalinligiga nisbati bilan o'lchandi.

Reaksiya tezligi moddaning muayyan holatidagi konsentratsiyasi bilan muvozanat konsentratsiyasi orasidagi farqqa mutanosibdir. Agar  $A$  modda  $B$  moddaga aylanayotgan bo'lsa, reaksiyaning boshlanishida reaksiyaning tezligi  $A$  ning konsentratsiyasiga ( $C_x$ ) mutanosib deyish mumkin:

$$v = kC_x.$$

Statsionar holat uchun  $A$  moddaning reaksiya zonasiga diffuziya yechimi  $D$  keltirilgan miqdori shu vaqt oralig'ida reaksiya natijasida yo'qoladigan miqdoriga teng. Shuning uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$kC_x = \beta(C_0 - C_x)$$

bunda  $C_x$  ni aniqlab, uni reaksiya tezligi tenglamsiga qo'ysak:

$$v = \frac{k\beta}{k + \beta} C_0$$

bo'ladi.  $\beta$  diffuzion qarshilik,  $k$  esa reaksiyaning kimyoviy qarshiligi deyiladi. Umumiy qarshilik kimyoviy va diffuzion qarshiliklar yig'indisiga teng.

Reaksiyaning umumiy tezligini diffuziya tezligi bilan ham kimyoviy reaksiya tezligi (kinetik bosqich) bilan ham aniqlash mumkin. Shuning uchun reaksiya tezligini o'rganishda shu reak-

siya diffuziya bosqichida sodir bo'ladimi yoki kinetik bosqichda sodir bo'ladimi, shuni aniq bilish kerak. Lekin ba'zan faza - garasining bir qismida reaksiya kinetik bosqichda, boshqa qismida esa diffuzion sohada sodir bo'lishi mumkin. Masalan, g'ovak katalizator yordamida reaksiya o'tkazilganda uning tashqi yuzasida kinetik sohada boradi, tor g'ovaklarning ichida esa diffuzion sohada boradi. Bunday hollarda kinetik sohada boradigan reaksiya tezligini hisoblash uchun ko'pincha Langmyur tenglamasidan foydalaniladi.

### **VII.3. Kimyoviy reaksiyalarning kinetik sinflanisi**

Kimyoviy reaksiyalar kinetik jihatdan reaksiyaning molekularligi va reaksiya tartibiga ko'ra sinflanadi.

Kimyoviy reaksiyaning elementar aktida ishtrok etuvchi molekularlar soniga qarab reaksiyalar monomolekular (reaksiyada bitta molekula ishtrok etadi), biomolekular (reaksiya borishi uchun kamida ikkita molekula bo'lishi kerak), trimolekular (reaksiyaga uchta molekula kirishadi) va polimolekular (reaksiyada uchtdan ortiq molekula ishtrok etadi) reaksiyalarga bo'linadi.

Amalda polimolekular reaksiyalar deyarli uchramaydi. Bi- va tri-molekular reaksiyalarning amalga oshirish uchun ikkita yoki uchta zarracha o'zaro to'qnashishi kerak.

Zarrachalar soni ko'paygan sari bunday to'qnashuv ehtimolligi kamayib boradi: uchta zarrachaning to'qnashish ehtimolligi ikkita zarrachaning to'qnashishi ehtimolligidan kam, to'rtta zarrachaning to'qnashishi ehtimolligi esa uchta zarrachanikidan kam va deyarli sodir bo'lmaydi. Agar reaksiyada ko'p molekularlar ishtrok etadigan bo'lsa, jarayon ancha murakkab yo'l bilan ikki yoki uch bosqichda boradi.

Monomolekular reaksiyada bitta molekula qatnashadi. Bunga radiy atomining parchalanib radonga aylanishi, ba'zi molekular - ning ichki molekular o'zgarish reaksiyalari kiradi, masalan:

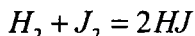
$$J_2 = 2J.$$

Oddiy monomolekular reaksiyalar uchun reaksiya tezligi quyidagicha ifodalaniladi:

$$v = kC .$$

Bunda  $C$  – boshlang'ich moddaning konsentratsiyasi.

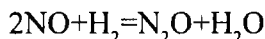
Biomolekular reaksiyalarda ikkita molekula reaksiyaga kirishadi, masalan:



Oddiy biomolekular reaksiyalar uchun reaksiya tezligi:

$$v = kC_1C_2 .$$

Bunda  $C_1$  va  $C_2$  boshlang'ich moddalarning konsentratsiyasi. Trimolekular reaksiyalarda bir vaqtning o'zida uchta molekula o'zaro to'qnashishi kerak. Bunga quyidagi reaksiya misol bo'la oladi:



Umumiy holda trimolekular reaksiyaning tezligi quyidagicha ifodalaniladi:

$$v = kC_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

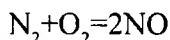
Bunday reaksiyalar juda kam uchraydi.

**Reaksiya tartibi.** Reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi tenglamasidagi konsentratsiyalar daraja ko'rsatkichlarining yig'indisi reaksiya tartibini ko'rsatadi. Shunga ko'ra barcha reaksiyalar birinchi tartibli, ikkinchi tartibli va uchinchi tartibli reaksiyalarga bo'linadi.

Yuzaki qaraganda esa tartibi uning molekularligi bilan bir xildek, ko'rinadi, lekin aslida bunday emas. Oddiy gomogen reaksiyaning tartibi reaksiyaning elementar aktida ishtirok etadigan molekularlar soniga mos keladi.



Lekin nolinchii tartibli reaksiyalar va tartibi kasr son bilan ifodalanadigan reaksiyalar ham bor. Reaksiyaning tezligi reaksiya davomida o'zgarmasa, bunday reaksiya nolinchii tartibli bo'ladi. Nolinchii tartibli reaksiyalarga adsorbsiyaning modda konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan sohasi misol bo'la oladi. Yuqori haroratda sodir bo'ladigan



reaksiyaning tezligi shunday ifodalaniladi:

$$v = kC_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{O}_2}^{\frac{1}{2}}$$

(NO ning konsentratsiyasi kichik bo'lganda). Demak, bu reaksiyaning tartibi kasr son – 1,5 ga teng. Endi birinchi va ikkinchi tartibli reaksiyalarga batafsilroq to'xtalib o'tamiz. Birinchi tartibli reaksiyaning tezlik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dc}{dt} = -kc \cdot$$

Tenglamaning ikkala tomonini  $C$  ga bo'lamiz, buni integrallasak,

$$\ln C = -kt + V$$

Bunda  $V$  integrallash doimiysi,  $t = 0$  da boshlang'ich konsentratsiyasi  $C$  bo'lsa, u holda  $\ln C_0$  bo'ladi. Bunda

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad \ln \frac{C_0}{C} = kt.$$

Natural logarifmni o'nli logarifmga aylantiramiz:

$$2,303 \lg \frac{C_0}{C} = kt \quad \lg \frac{C_0}{C} = 0,4343kt$$

Bu tenglamalar birinchi tartibli reaksiyalar uchun konsentratsiyaning vaqtga bog'liqligini ifodalaydi. Birinchi tartibli reaksiyalar tezlik konstantasi bilan birga yarim yemirilish davri  $\tau$  bilan xarakterlanadi. Reaksiya uchun olingan moddaning aniq yarmi reaksiyaga kirishib bo'lgan vaqt yarim yemirilish davri deyiladi. Demak, shu davrdagi konsentratsiya  $C$  boshlang'ich konsentratsiyasi  $C_0$  ning yarmiga teng bo'ladi, ya'ni

$$C = \frac{C_0}{2}$$

buni yuqoridagi tenglamaga qo'y sak,

$$\ln \frac{C_0}{\frac{C_0}{2}} = k\tau$$

bundan

$$k\tau = \ln 2 = 0,6932,$$

$$k = \frac{0,6932}{\tau_2}.$$

Demak, birinchi tartibli reaksiyaning konstantasi yarim yemirilish davriga teskari proporsional bo'ladi. Ikkinchi tartibli reaksiyalarning kinetik tenglamasini reaksiyaga kirishayotgan ikkala moddaning konsentratsiyalari bir xil bo'lgan boshlang'ich hol uchun keltirib chiqaramiz. Biomolekular reaksiya tezligi tenglamasida  $C_1 = C_2 = C$  deb faraz qilib va tenglamadan foydalanib, quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$\frac{dC}{C^2} = -kdt.$$

Bu tenglamani integrallasak,

$$\frac{1}{C} = kt + B$$

bo'ladi. Bu yerda integrallash doimiysi  $B$  ma'lum bo'lgan konsentratsiya  $C_0$  dan ( $t = 0$ ) topiladi:

$$B = \frac{1}{C_0}$$

demak,

$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = kt$$

yoki

$$\frac{C_0 - C}{C \cdot C_0} = kt .$$

Bu tenglama ko'pincha boshqacha ko'rinishda qo'llaniladi. Agar tenglama reaksiyaga kirishayotgan moddaning ayni paytdagi konsentratsiyasi  $C$  o'rniga konsentratsiyaning shu paytga kelib, kamayganligini

$$x = C_0 - C$$

qo'ysak, quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{x}{(C_0 - x)C_0} = kt .$$

Endi bu tenglamani boshlang'ich moddaning yarmi reaksiyaga kirishgan payt

$$\left( x = \frac{1}{2} \right) C_0$$

uchun yechib, qisqartirsak,

$$\frac{1}{C_0} = k\tau$$

bo‘ladi. Bu tenglama ikkinchi tartibli reaksiyalar uchun yarim yemirilish davri boshlang‘ich konsentratsiyaga bog‘liqligini ko‘rsatadi.

## VII.4.Zanjir reaksiyalari

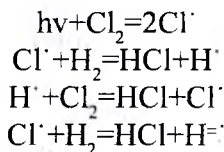
Zanjir reaksiyalar kimyoviy reaksiyalarning bir turi bo‘lib, bunda hosil bo‘ladigan aktiv zarracha (erkin radikal) noaktiv molekullarning har bir elementar aktida yangi aktiv zarracha hosil qiladi va u boshqa noaktiv molekullardan farq qilib, to‘yinmagan erkin valentliklarga ega bo‘ladi, shu sababli boshlang‘ich modda molekullari bilan reaksiyaga oson kirishadi.

Erkin radikalning molekula bilan o‘zaro ta‘sirida molekulaning valent bog‘lanishlaridan biri uziladi va natijada doimo yangi erkin radikal paydo bo‘lib turadi.

Bu radikal o‘z navbatida boshqa boshlang‘ich molekula bilan reaksiyaga kirishib yana yangi radikal hosil qiladi va shu tariqa reaksiya zanjirsimon bo‘lib ketaveradi.

Zanjir reaksiyalar keng tarqalganligi va katta amaliy ahamiyati borligi sababli ular haqidagi ta‘limot kimyoviy kinetikaning eng muhim bo‘limlaridan biri hisoblanadi. Bunday reaksiyalar nazariyasiga akademik N. N. Semyonov va uning maktabi shuningdek, Ginshevlud, Xristiansen, Bodonshteyn va boshqa olimlarning ishlarida asos solingan.

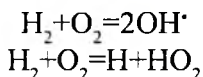
Zanjir reaksiyaga eng oddiy moddalardan biri xlor bilan vodorodning yorug‘lik nuri ta‘sirida boshlanadigan reaksiyasidir. Yorug‘lik kvantining yutishi natijasida xlor molekulasini atomlarga ajraladi. Xlor atomi vodorod molekulasini bilan ta‘sirlashib, vodorod atomi bilan HCl molekulasini hosil qiladi, hosil bo‘lgan vodorod atomi xlor molekulasini bilan reaksiyaga kirishib, xlor atomi bilan HCl molekulasini hosil qiladi va jarayon shu tariqa davom etadi:



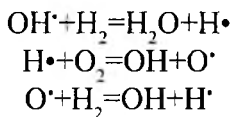
Ikkita bir xil radikal, masalan, ikkita vodorod atomi uchinchi jismga, masalan idish devoriga urilib o'zining ortiqcha energiyasini bergandagi o'zaro birikishi va nofaol  $\text{H}_2$  molekulasini hosil qilishi mumkin.

Bunda reaksiya to'xtaydi, ya'ni zanjir «uziladi». Radikal boshqa radikal bilan reaksiyaga kirishib, elektron juft hosil qilishi hamda valentligi to'yinishi natijasida ham yo'qolishi mumkin. Bunda zanjirning uzilish tezligi radikallar konsentratsiyasi ko'payt- masiga proporsional bo'ladi.

Agar radikalning molekula bilan o'zaro reaksiyasi natijasida ikki yoki undan ortiq radikal hosil bo'lsa, zanjir tarmoqlanadi. Masalan, vodorod atomi kislorod molekulasini bilan reaksiyaga kirishganda OH radikal O (kislorod atomi) hosil qiladi. Dastlab,  $\text{H}_2$  va  $\text{O}_2$  molekulalari bevosita o'zaro ta'sirlashib, radikallar hosil qiladi:



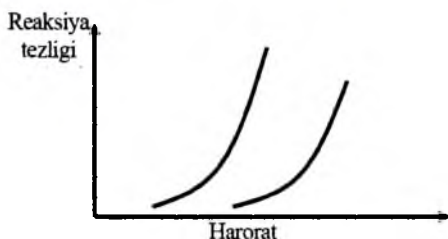
Shundan keyingi jarayonlar radikallar ishtirokida boradi:



Eng sekin boradigani ikkinchi reaksiya bo'lib, shuning uchun butun jarayonning tezligi ana shu reaksiyaga qarab belgilanadi. Agar H, OH, O radikallari reaksiya idish devorlariga adsorblanib qolsa, ular xuddi shunday boshqa radikallar bilan oson birikadi va zanjir jarayoni to'xtaydi (zanjir uziladi).

## VII.5. Kimyoviy reaksiya tezligi konstantasining harortga bog'liqligi

Kimyoviy reaksiyalar reaksiyaga kirishuvchi molekulalarining o'zaro to'qnashuvi natijasida sodir bo'lganligi sababli harorat ko'tarilganda reaksiyalarning tezligi ortadi, chunki bunda molekulalarning harakatlanish tezligi kuchayib, ularning o'zaro to'qnashish ehtimolligi ko'payadi.



34-rasm. Reaksiya tezligining haroratga bog'liqligi.

Reaksiya tezligining haroratga bog'liqligini yuqoridagi rasmda kuzatish mumkin.

Umuman, harorat har  $10^{\circ}\text{C}$  ko'tarilganda reaksiya tezligi taxminan ikki-to'rt marta ortadi, degan qoida bor. Bu **Vant-Goff qoidasi**. Bu qoida barcha reaksiyalarda juda aniq natija bermasa ham, har holda reaksiya tezligiga harorat qanday ta'sir etishini ko'rsatadi. Reaksiya tezligiga haroratning ta'sirini aniq bilish uchun quyidagi usuldan foydalaniladi. Reaksiyaning  $t$  haroratdagi tezlik konstantasini  $k_t(t+10)$  dagi tezlik konstantasi esa  $k_{t-10}$  orqali belgilaymiz. Bunda,

$$\frac{k_{t+10}}{k_t} = \gamma$$

$\gamma$  reaksiya tezligining **harorat koeffitsiyenti** deyiladi. Tajriba haroratlari oraliq'i kichik bo'lganda  $\gamma$  ning qiymati haroratga qarab

kam o'zgarishini ko'rsatadi, ya'ni bunda  $\gamma$  ning qiymatini o'zgar-  
mas deb hisoblash mumkin. Umumiy holda,

$$\frac{k_1 + n \cdot 10}{k_1} = \gamma^n$$

deyish mumkin. Masalan, agar harorat koeffitsiyenti moddaga  
teng desak, harorat  $100^\circ\text{C}$  ko'tarilganda, reaksiya tezligi

$$\frac{k_{t+100^\circ\text{C}}}{k_t} = 210 = 1024$$

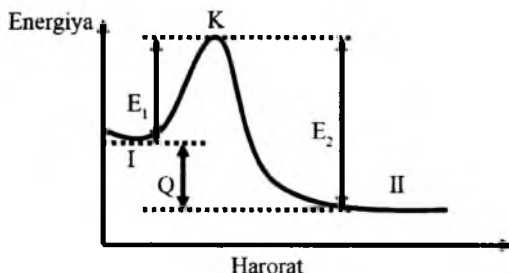
marta ortadi.

## VII.6. Faollanish energiyasi katalizi

Ma'lumki, ikkita molekula o'zaro reaksiyaga kirishishi uchun  
bir-biri bilan to'qnashishi kerak. Lekin tajribalar ko'rsatishicha har  
qanday to'qnashuvda ham reaksiya sodir bo'lavermas ekan. Ar-  
renius barcha molekulalar emas, balki faol molekulalar to'qnash-  
gandagina reaksiya sodir bo'ladi degan fikrni o'rtaga tashladi. Bu  
degan so'z to'qnashuvda kimyoviy reaksiya sodir bo'lishi uchun  
to'qnashayotgan molekulalarning energiyasi barcha molekulalar -  
ning o'rtacha energiyadan ortiqcha (katta) bo'lishi kerak, demak-  
dir. Ana shu ortiqcha energiya faollanish energiyasi deyiladi. Shu-  
ning uchun ham ko'p reaksiyalar oddiy sharoitda sekin boradi yoki  
sodir bo'lmaydi. Masalan, yog'och, qog'oz, kerosin, havoda oksid-  
lanish va yonish xususiyatiga ega. Lekin bu reaksiyalar odatdagi  
sharoitda o'z-o'zicha sodir bo'lmaydi. Chunki tegishli oksidlanish  
reaksiyalarning faollanish energiyasi ancha yuqoridir. Agar harorat  
ko'tarilsa kislorod bilan yonuvchi material molekulalari to'qnashuv  
paytida «qaynoq» bo'ladi, ya'ni ortiqcha energiyaga ega bo'ladi va  
nihoyat reaksiya tezligi ortadi, yonish boshlanadi.

Faollanish energiyasini tushunib olish uchun biror qaytar reak-

siyada energiyani o'zgarishini ko'rib chiqamiz. 35-rasmda ordinatalar o'qiga ko'rilayotgan molekular sistemasining energiyasi, absissalar o'qiga reaksiyaning borishi qo'yilgan.



35-rasm. Reaksiyada energiyani o'zgarishi.

Agar to'g'ri reaksiya (I holatdan II holatga o'tish) ekzotermik bo'lsa, reaksiya mahsulotlarining umumiy energiya zaxirasi boshlang'ich moddalarnikidan kam bo'ladi, ya'ni bu reaksiya natijasida sistema ancha past energetik pog'onaga (I pog'onadan II pog'onaga) o'tadi. I va II pog'onalar orasidagi farq reaksiyaning issiqlik efektiga teng bo'ladi.  $K$  daraja kimyoviy reaksiyaga kirishish uchun molekulada bo'lishi lozim bo'lgan minimum energiya zaxirasini ko'rsatadi.  $K$  va I pog'ona orasidagi farq to'g'ri reaksiyaning faollanish energiyasini ( $E_a$ ),  $K$  bilan II pog'ona orasidagi farq esa teskari reaksiyaning faollanish energiyasini ( $E_r$ ) ko'rsatadi. Shunday qilib, boshlang'ich holatdan oxirgi holatga o'tishda sistema o'ziga xos energetik g'ovdan o'tishi kerak. Demak, faollanish energiyasi qancha katta bo'lsa, berilgan haroratda reaksiya shuncha sekinlashadi. Demak, faollanish energiyasi pasayganda reaksiyaning tezligi ortadi.

## VII.7. Kataliz

Kimyoviy reaksiyalarning tezligining katalizatorlar ishtrokida o'zgarishiga **kataliz** deyiladi. Katalizatorlar kimyoviy reaksiyaga



kirishayotgan moddalar bilan o'zaro ta'sirlashib oraliq mahsulot hosil qiladigan, lekin reaksiya oxirida kimyoviy jihatdan o'zgar-may qoladigan moddalardir.

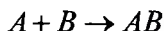
Agar katalizator reaksiya tezligini oshirsa, bunday jarayon **mus-bat kataliz**, katalizator qo'shilganda reaksiya tezligi kamayadigan bo'lsa, **manfiy kataliz** deyiladi.

Katalizator reaksiyada muvozanat holati qaror topishini tez-lashtiradi, xolos. Lekin uni biror tomonga siljitmaydi. Katalizator to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezliklarini bir xil darajada oshi-radi.

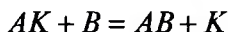
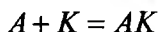
Amalda ko'pincha past haroratda muvozanat holatiga tez eri-shish kerak, chunki xuddi shunday sharoitda reaksiya mahsulotlari ko'p hosil bo'ladi, ya'ni, muvozanat konstantasining qiymati kat-ta bo'ladi. Masalan, azot bilan vodoroddan ammiak sintez qilish-da reaksiya juda yuqori haroratlarda boradi, chunki bu gazlarning birikish reaksiyasining faollanish energiyasi nihoyatda katta. Le-kin, harorat ko'tarilgan sari muvozanat aralashmada kamroq ammi-ak olinadi, harorat ko'tarilishi bilan reaksiyaning muvozanat kons-tantasi kamayadi va demak, bu reaksiyani yuqori haroratda olib borish nomaqbuldir. Shu reaksiya katalizator ishlatilganda esa past haroratda, ya'ni ancha qulay sharoitlarda muvozanat holatiga tez erishish mumkin.

Katalizatorlarning ikkinchi muhim xossasi tanlab ta'sir etish-dir. Katalizatorlar, odatda, biror reaksiyaning yoki ma'lum tipdagi reaksiyalar guruhini tezlashtiradi. Tabiiy murakkab katalizatorlar fermentlar juda tanlab ta'sir etuvchi bo'ladi. Katalizator, ko'pincha, faollanish energiyasini pasaytiradi. Lekin ba'zi hollarda reaksiyaga kirishuvchi molekulalarning bir-biriga nisbatan joylashish holatini o'zgartirib, ularning tezroq reaksiyaga kirishishiga sababchi bo'la-di.

Katalizda uchraydigan deyarli barcha hollarda katalizator reak-siya uchun olingan moddalar bilan o'zaro ta'sirlashib, oraliq mah-sulotlar hosil qiladi. Bu mahsulotlar beqaror bo'lib reaksiyaning orniga mahsuloti bilan katalizatorga ajraladi. Umumiy holda



reaksiya uchun katalizator K ishtirokida jarayonni quyidagicha ifodalash mumkin:



Ba'zan kimyoviy reaksiyalarda hosil bo'ladigan moddalarning o'zi shu reaksiyalarda katalizator sifatida ta'sir etadi.

Bunday reaksiyalar avtokatalitik reaksiyalar deyiladi. Bunda reaksiya tezligi avval kichik bo'lib, so'ngra tez ortib ketadi, ammo reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi kamayishi bilan reaksiyaning tezligi ham pasayadi.

Katalizatorlarga ta'sir etganida uning faolligini kamaytiradigan moddalar ham bor. Bunday moddalar katalitik zaharlar, hodisaning o'zi esa katalizatorning zaharlanishi deyiladi. Zaharlanish qaytar va qaytmas bo'ladi. Qaytar zaharlanishda zaharli ta'sir etuvchi modda tugashi bilan katalizatorning faolligi tiklanadi. Qaytmas zaharlanishda esa katalizatorning faolligini tiklash uchun uni regeneratsiyalash, ya'ni maxsus ishlov berib zaharli moddadan tozalash lozim bo'ladi. Masalan, ozgina uglerod (IV) oksid aralashmasi mis katalizatorni zaharlaydi, selen va mishyak ishtirokida plantinaning katalitik ta'siri deyarli yo'qoladi.

Katalizatorlarning ishlash muddatini o'zgartirish uchun sanoatda reaksiyaga kirishuvchi moddalar katalitik zahar hisoblangan qo'shimchalardan tozalanadi.

Reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan katalizator bir jinsli sistema yoki turli fazalardan iborat sistema hosil qilishga qarab gomogen yoki geterogen kataliz bo'ladi.

**Gomogen kataliz.** Gomogen katalizda reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan katalizator bir jinsli sistema hosil qiladi. Gomogen katalizga  $\text{SO}_2$  ning suv bug'i ishtirokida  $\text{SO}_2$  gacha katalitik oksidlanishi yoki eruvchan uglevodorodlar suvdagi eritmada gidrolizla-

nishning kislota ishtirokida tezlashuvi misol bo'la oladi.

Birinchi holda reaksiyaga kirishuvchi modda bilan katalizator bir jinsli gaz faza, ikkinchi holda esa bir jinsli chin eritma hosil qiladi. Bularda reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan katalizatorlar orasida chegaraviy sirt bo'lmaydi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda oltingugurt (IV) oksidining oksidlanib, sulfat angidritga aylanishida azot oksidlari katalizator bo'lib xizmat qiladi.

Bu jarayonda oksidlovchi bo'lgan azot (IV) oksid  $\text{NO}_2$  qaytarilib,  $\text{NO}$  ga aylanadi.

So'ngra bu oksid havo kislorodi ta'sirida oksidlanib, yana  $\text{NO}_2$  ga aylanadi. Bu jarayonda katalizator oraliq birikma hosil qilib, so'ngra undan toliq qaytariladi, natijada uning miqdori va tarkibi o'zgarmasdan qoladi.

Eritmalarda boradigan gomogen katalizga ko'pincha vodorod va gidroksil ionlari sababchi bo'ladi. 1811-yilda kislotalarning katalitik ta'sirini Rossiyada birinchi bo'lib, K. Kirhgoff kashf etgan. Shakarning inversiyasi murakkab efirlarning sovunlanishi va ko'pigini boshqa reaksiyalar eritmada vodorod ionlar bo'lganida tezlashadi bu ionlarning konsentratsiyasi ko'paygan sari reaksiyaning tezligi ham ortib boradi. Eritmalardagi gomogen katalitik reaksiyalarda ham katalizator ishtiroki orqali birikmalar hosil bo'lishi aniqlangan.

Gomogen katalizda ancha barqaror oraliq birikma hosil bo'lishi bilan bir qatorda ion va molekulalarning juda qisqa vaqt mavjud bo'ladigan birikmalari ham katta rol o'ynaydi. Bunday birikmalar ion dipolli o'zaro ta'sir yoki vodorod bog'lanish hosil bo'lishi tufayli vujudga keladi. Bunday birlashishlar natijasida zarrachalarning qutblanishi ularning reaksiyaga kirishishi xususiyati va to'qnashgandagi bir-biriga tegib turish muddati o'zgarishi mumkin.

Bularning hammasi reaksiya tezligining o'zgarishiga olib keladi. Sanoatda gamogen kataliz bilan bir qatorda geterogen katalizdan ham keng ko'lamda foydalaniladi.

**Geterogen kataliz.** Reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan

katalizator turli agregat hollarda bo'ladigan reaksiyalar geterogen deyiladi. Amalda uchraydigan geterogen katalizning ko'pida katalizatorlar qattiq modda reaksiyaga kirishuvchilar esa suyuqlik yoki gazlar bo'ladi. Shuning uchun geterogen katalizning barcha jarayonlarida reaksiya katalizatorning sirtida boradi.

Demak, katalizator sirtining kattaligi va xossalari sirt qatlami ning kimyoviy tarkibiy tuzilishi va holati katalizatorning faolligida muhim rol o'ynaydi.

Geterogen katalizda katalizator sirtining ahamiyati kattaligi sababli sirdagi atomlar sonini ko'paytirish uchun maydalangan faol moddalar ishlatiladi. Lekin kukunsimon katalizatorning gaz oqimi osongina ishlashtirib olib ketadi, ko'p miqdorda olinganda esa oqimga katta qarshilik ko'rsatadi.

Shu sababli, odatda, inert materialga (silikagelga, alyumogelga) cho'ktirilgan faol moddalar ishlatiladi yoki faol moddaning o'zini jarayonlab g'ovak tabletka, sharcha, yoki silindrlar shaklida katalizatorlar hosil qilinadi. Geterogen kataliz, asosan, moddaning katalizator sirtiga adsorblanishi bilan bog'liq. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar katalizator sirtiga adsorblanib reaksiyaga kirishadi, so'ngra hosil bo'lgan mahsulotlar katalizator sirtidan desorblanadi, va chiqib ketadi. Demak, bunda katalizator sirtining hammasi emas balki uning faol qismlari faol markazlarigina ishtrok etadi.

Reaksiyaga kirishuvchi molekular katalizator sirtiga adsorblanganda bu moddalarning struktur-energetik holatida o'zgarish yuz beradi, ularning reaksiyaga kirish xususiyati ortadi, molekullardagi kimyoviy bog'lanishlar susayadi. Boshqacha aytganda, bu molekular katalizator sirtiga oddiy fizik adsorblanmay, xemosorbsiya sodir bo'ladi. Katalizator sirtiga xemosorblangan reaksiyaga kirishuvchi molekular qatlamini katalizator sirtidagi molekular bilan hosil bo'lgan oraliq birikmalar deyish mumkin. Adsorbsion geterogen katalizga doir barcha nazariyalar faol markazlarning roli va tuzilishini, shuningdek, ulardagi energetik molekularning energetik holatini o'rganishga bag'ishlangan.

Geterogen kataliz nazariyalaridan biri 1929-yilda B. Balandin

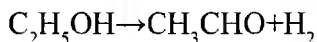
ishlab chiqqan multipletlar nazariyasi. Katalizator sirtidagi atomlar bilan reaksiyaga kirishuvchi molekuladagi atomlarning joylashuvi - da struktura jihatdan muvofiqlik bo'lishiga, shuningdek, bog'lanishlarning energetik jihatdan mos kelishiga asoslangan.

Bu nazariyaga ko'ra molekula umuman katalizatorning sirti bilan ta'sirlashmaydi, balki reaksiyaga kirishuvchi molekulalardagi atom yoki atom guruhleri katalizatorning sirt qatlamidagi atomlar yoki ionlar bilan o'zaro ta'sir etadi.

Katalizatorlarning kristall panjarasining tuzilishiga mos ravishda katalizator sirtida joylashgan bir necha atom yoki ionlardan iborat kichikroq sirt qismlari multipletlar deb ataladi. Bu atom yoki ionlarning katalizatorning sirtqi qatlamida joylashuvi reaksiyaga kirishayotgan moddalar molekulalaridagi atomlarning joylashuviga geometrik jihatdan mos kelgandagina katalitik faollik namoyon bo'ladi.

Bunday molekulalar adsorbsiyalanganda katalizator sirtidagi tegishli atom yoki ionlar bilan ta'sirlashuvi va qisman ular bilan bog'lanishi natijasida molekulalararo bog'lar bo'shashadi. Katalizatorlarning o'ziga xos ta'siri ham ana shu bilan tushuntiriladi. Misol tariqasida etil spirtning digedrogenlanish reaksiyasini ko'rib chiqamiz. Multipletlar nazariyasiga muvofiq, bu reaksiya katalizatorning ikki nuqtasida (dubletda) sodir bo'ladi. Dubletning bita atomiga  $\text{CH}_2$  va  $\text{OH}$  guruhlarining vodorod atomlari tortiladi. Dubletning ikkinchi atomiga esa kislorod atomi va  $\text{CH}_2$  guruhning uglerod atomi tortiladi.

Bunday tortilish natijasida C-H va O-H bog'lanishlar uziladi hamda yangi H-H va  $\text{C} = \text{O}$  bog'lanishlar sirka aldegid hamda vodorod molekulalarida hosil bo'ladi:



Geterogen katalizning faol ansambllar nazariyasi ham bor. Bu nazariyaga ko'ra katalitik xossasi bo'lmagan modda (yoyuvchi) sirtiga yuqtirilgan modda atomlar katalitik faollik ko'rsatadi. Bu atomlarning kichikroq to'plamlari ansambllari (2-3 atomdan tarkib

topgan) faol matkazlar hosil qiladi. Bunday katalizatorning ansambllar soniga va ularning o'zaro joylashtiruv tartibiga bog'liq.

Katalizning eng yangi nazariyasi elektron-kimyoviy nazariyasidir. Reaksiyaga kirishayotgan modda bilan katalizatorning o'zaro ta'sir xarakteriga qarab elektron nazariyada barcha katalitik reaksiyalar oksidlanish-qaytarilish va kislota-ishqoriy reaksiyalarga bo'linadi. Birinchi tipdagi reaksiyalarda elektronlar katalizatorlarga yoki katalizatorlardan moddaga o'tadi.

Shuning uchun barcha oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarda metallar (Fe, Ni, Pt va boshqalar) katalizator bo'ladi. Kislota ishqoriy reaksiyalarda kataliz protonlar o'tishi bilan boradi. Bunda katalizatorlar sifatida turli ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va boshqalar) kuchli kislota yoki asoslar ishlatiladi.

### Savol va topshiriqlar

1. Katalizatorlar reaksiyaning borishiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
2. Nima uchun katalizator ishlatilganda unum oshmaydi?
3. Gomogen, mikrogeterogen va geterogen kataliz nima?
4. Katalizatorning faol markazlari nimadan iborat?
5. Katalitik zahar nima?
6. Kataliz nazariyalari haqida nimalarni bilasiz?
7. Kimyoviy kinetikaning vazifasi nimadan iborat?
8. Kimyoviy reaksiyaning tezligi qanday omillarga bog'liq?
9. Zanjir reaksiyalar nimadan iborat?
10. Oddiy va murakkab reaksiyalarga ta'rif bering.
11. Reaksiya tartibi nima va u qanday aniqlanadi?
12. Reaksiya tezligiga harorat qanday ta'sir ko'rsatadi?
13. Faollanish energiyasi qanday aniqlanadi?



## **INNOVATSION TA'LIM TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANIB, DARS O'TISH UCHUN TAVSIYALAR**

Ta'lim O'zbekiston xalqi ma'naviyatiga yaratuvchilik faolligini baxsh etadi. O'sib kelayotgan avlodlarning barcha eng yaxshi imkoniyatlari unda namoyon bo'ladi, kasb-kori, mahorati uzluksiz takomillashadi, katta avlodlarning dono tajribasi anglab olinadi va yosh avlodga o'tadi.

### **I. Karimov**

Mustaqil O'zbekiston Respublikasi bugun xalqaro hamjamiyatning va global moliyaviy-iqtisodiy bozorning ajralmas tarkibiy qismi hisoblanayotgan bir davrda, uning iqtisodiy tarmoqlarini modernizatsiya qilish, sohalarini texnik va texnologik qayta jihozlash, jahon standartlariga mos mahsulotlar ishlab chiqarish uchun mutaxassis kadrlarni yangi talablar va uslublar asosida tayyorlash, ularga zamonaviy bilimlarni berish dolzarb masalalardan biridir.

Ushbu maqsadlarning ijobiy natijaga ega bo'lishi, eng avvalo, yosh avlodga ilmiy bilimlar asoslarini puxta o'rgatish, ularda keng dunyoqarash hamda tafakkur ko'lamini hosil qilish, ma'naviy-axloqiy sifatlarini shakllantirish borasidagi ta'limiy-tarbiyaviy ishlarini samarali tashkil etishga bog'liqdir.

Zero, yurtning porloq istiqbolini yaratish, uning nomini jahonga keng yoyish, ulug' ajdodlar tomonidan yaratilgan milliy-madaniy merosni jamiyatga namoyish etish, ularni boyitish, mustaqil O'zbekiston Respublikasining rivojlangan mamlakatlar qatoridan joy egallashini ta'minlash yosh avlodni komil inson hamda mamlakali mutaxassis qilib tarbiyalashga bog'liqdir.

Shu sababli O'zbekiston yosh, rivojlanayotgan mamlakatlar ichida birinchilardan bo'lib ta'lim tizimini isloh qilishga kirishdi. Respublikamizda Kadrlar tayyorlash milliy dasturi va «Ta'lim to'g'risida» gi Qonunlar qabul qilindi.

«Ta'lim to'g'risida» gi qonun, Prezidentimizning «O'zbekiston XXI asrga intilmoqda» kitobi, Oliy majlisning birinchi sessiyasida qilgan ma'ruzalaridan kelib chiqib, respublikamizda kasblar yo'nali-shi bo'yicha mutaxassis kadrlar tayyorlashga alohida e'tibor berilm-oqda. Bu sohada, ya'ni kadrlar tayyorlash va ta'lim samaradorligini oshirishda bir qator loyihalar, iqtisodiy ta'lim islohotlari amalga oshi-rilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti I. A. Karimovning kishilarning umumta'lim va professional malaka daraja - sini oshi-rish, yangi talablar asosida kishilarning savodxonligini oshi-rish, uzluksiz ta'lim tizimini joriy qilish borasidagi tashabbuslari negizida iqtisodiy sohalarda yetuk mutaxassislar va raqobatbardosh kadrlar tayyorlash orqali tarmoqlardagi o'sish parametrlarining yax-shilanishiga erishilmoqda. Ma'lumki, uzluksiz va uzviylik ta'lim tizimida ortiqcha takroriylikka chek qo'yib, eng avvalo, jamiyatning ma'naviy va intellektual salohiyatini kengaytiradi, qolaversa, davlat-niing ijtimoiy va ilmiy-texnik taraqqiyotini takomillashtirish omili si-fatida ishlab chiqarishning barqaror rivojlanishini ta'minlaydi.

Pedagogik texnologiyalarning rivojlanishi va ularning o'quv-tarbi-ya jarayoniga kirib kelishi oqibatida, shuningdek, axborot texnologi-yalarining tez almashinuvi va takomillashuvi jarayonida har bir inson uchun o'z kasbiy tayyorgarligini, mahoratini kuchaytirish imkoniyati yaratildi. Ta'limning barcha bosqichlariga oid umumiy pedagogik va didaktik talab talaba (yoki o'quvchi) ning dasturiy bilim, tasavvur va ko'nikmalari asosida mustaqil ishlash samaradorligini takomillash-tirish, ilmiy fikrlashga, o'quv faniga qiziqishni kuchaytirish, kasbiy bilimlarining faolligini oshirishdan iboratdir. Iqtisodiy ta'limda pe-dagogika tajribasi, zamonaviy pedagogik texnologiyalarining talaba (yoki o'quvchi) larning fanlarga qiziqtirishga, ularning mustaqil ish-lashda faolliklarini oshirishda cheksiz ekanligi tasdiqlanmoqda.

Ta'limning bugungi vazifasi o'quvchilarni kun-sayin oshib bo-



rayotgan axborot ta'lim muhiti sharoitida mustaqil faoliyat ko'rsata olishga, axborot oqimidan oqilona foydalanishga o'rgatishdan iboratdir. Buning uchun ularga uzluksiz ravishda mustaqil ishlash imkoniyati va sharoitini yaratib berish zarur. Shu sababli ta'lim jarayonini texnologiyalashtirish, aniq vazifalarni qo'ygan holda, dars mashg'ulotlarining usul va vositalarini to'g'ri tanlash orqali shaxsning intellektual salohiyati va ijodiy qobiliyatini rivojlantirish, jamiyatdagi har bir fuqaroning bilim va malakasini oshirish, tezkor ta'lim uchun shart-sharoit yaratish mumkin.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda pedagogika oliy o'quv yurtlari bakalavr yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun «Fizika-viy kimyo» fanining maqsadi va vazifalari hamda ta'lim berish texnologiyasini loyihalashtirishdagi asosiy konseptual yondashuvlarni keltiramiz:

**Shaxsga yo'naltirilgan ta'lim.** Bu ta'lim o'z mohiyatiga ko'ra ta'lim jarayonining barcha ishtirokchilarini to'laqonli rivojlanishlarini ko'zda tutadi. Bu esa ta'limni loyihalashtirilayotganda, albatta ma'lum bir ta'lim oluvchining shaxsini emas, avvalo, kelgusidagi mutaxassislik faoliyati bilan bog'liq o'qish maqsadlaridan kelib chiqqan holda yondashishni nazarda tutadi.

**Tizimli yondashuv.** Ta'lim texnologiyasi tizimning barcha belgilarini o'zida mujassam etmog'i lozim: jarayonning mantiqiyligi, uning barcha bo'g'inlarini o'zaro bog'liqligi, yaxlitligi.

**Faoliyatga yo'naltirilgan yondashuv.** Individning jarayonli sifatlarini shakllantirish, ta'lim oluvchining faoliyatini faollashtirish va tezlashtirish, o'quv jarayonida uning barcha qobiliyati va imkoniyatlarini, tashabbuskorlini ochishga yo'naltirilgan ta'limni ifodalaydi.

**Dialogik yondashuv.** Bu yondashuv o'quv jarayoni ishtirokchilarining psixologik birligi va o'zaro munosabatlarini yaratish zaruriyatini bildiradi. Uning natijasida shaxsning o'z-o'zini faollashtirishi va o'z-o'zini ko'rsata olishi kabi ijodiy faoliyati kuchayadi.

**Hamkorlikdagi ta'limni tashkil etish.** Ta'lim beruvchi va ta'lim oluvchi o'rtasida demokratik, tenglik, hamkorlik kabi o'zaro subyektiv munosabatlarga, faoliyat maqsadi va mazmunini birgalikda

shakllantirish va erishilgan natijalarni baholashga qaratish zarurligini bildiradi.

**Muammoli ta'lim.** Ta'lim mazmunini muammoli tarzda taqdim qilish asosida ta'lim oluvchilarning o'zaro faoliyatini tashkil etish usullaridan biridir. Bu jarayon obyektiv qarama-qarshiligi va uni hal etish usullarini aniqlash, dialektik tafakkurni va ularni amaliy faoliyatda ijodiy qo'llashni shakllantirishni ta'minlaydi.

**Axborotni taqdim qilishning zamonaviy vositalari va usullarini qo'llash** bu yangi kompyuter va axborot texnologiyalarini o'quv jarayonida qo'llashdir.

**O'qitish uslublari va texnikalari:** ma'ruza (kirish, mavzuiy, ma'lumotli, ko'rgazmali (vizuallashtirish), anjuman, aniq vaziyatlar-ni yechish), munozara, muammoli uslub, pinbord, aqliy hujum, tez-kor-so'rov, savol-javob, amaliy ishlash usullari.

**O'qitishni tashkil etish shakllari:** dialog, polilog, muloqot, hamkorlik va o'zaro o'qitishga asoslangan frontal, jamoaviy va guruhlar-da o'qitish.

**O'qitishning vositalari:** o'qitishning an'anaviy vositalari (o'quv qo'llanma, ma'ruza matni, tarqatma materiallar) bilan bir qatorda – chizma organayzerlar, kompyuter va axborot texnologiyalari.

**Kommunikatsiya usullari:** talabalar bilan tezkor qaytar aloqaga asoslangan bevosita o'zaro munosabatlar.

**Qaytar aloqalarning (ma'lumotning) usul va vositalari:** tez-kor-so'rov, o'qitish diagnostikasi.

**Boshqarish usullari va vositalari:** o'quv mashg'uloti bosqichlari-ni belgilab beruvchi texnologik karta ko'rinishidagi o'quv mashg'ulot-larini rejalashtirish, qo'yilgan maqsadga erishishda o'qituvchi va tin-glovchining birgalikdagi harakati, nafaqat auditoriya mashg'ulotlari, balki auditoriyadan tashqari mustaqil ishlarning nazorati.

**Monitoring va baholash:** o'quv mashg'ulotida va butun dars davomida mavzu yuzasidan nazorat savollarini berib borish orqali o'qitishning natijalari rejali tarzda kuzatib boriladi.

Kurs oxirida test topshiriqlari yordamida talabalar (yoki o'quv -chilar) bilimlari baholanadi.

## ILOVALAR

### 1-MAVZU: KIRISH. FIZIKAVIY KIMYO FANINING PREDMETI. MAQSAD VA VAZIFALARI. UNI O'ZBEKIS- TONDA RIVOJLANISH TARIXI

#### 1. 1. «Kirish. Fizikaviy kimyo fanining predmeti. Maqsad va vazifalari. Uni O'zbekistonda rivojlanish tarixi» mavzusiga ma'lumotli kirish ma'ruza texnologiyasi

| <b>Mashg'ulot vaqti – 2 soat</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Talabalar soni – 50–60 ta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mashg'ulot shakli</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Kirish. Axborotli ma'ruza</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Ma'ruza rejasi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fizikaviy kimyo fanining maqsadi va vazifalari.</li> <li>2. Fizikaviy kimyo fanining rivojlanishi va uning rivojlanishiga hissa qo'shgan olimlar.</li> <li>3. O'zbekistonda fizikaviy kimyo fanining rivojlanishi.</li> </ol>                                                                                                                                                    |
| <b>Mashg'ulotning maqsadi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | O'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. «Fizikaviy kimyo» fanining maqsadi va vazifalari, o'rganish obyekti, rivojlanish tarixi, taraqqiyot bosqichlari haqida ma'lumot berish                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Pedagogik vazifalar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O'quv kursining maqsadi va vazifalari, o'tiladigan mavzularni mantiqiy asosda tushuntirish;</li> <li>- «Fizikaviy kimyo» fanining tekshirish obyekti, uning maqsadi va vazifalari haqida ma'lumot berish;</li> <li>- «Fizikaviy kimyo» fanining rivojlanishiga hissa qo'shgan o'zbek olimlari haqida ma'lumot berish;</li> </ul> | <b>O'quv faoliyati natijalari: talabalar:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- o'quv kursining maqsadi va vazifalarini, o'tiladigan mavzularni mantiqiy tushunadilar;</li> <li>- «Fizikaviy kimyo» fanining tekshirish obyekti, uning maqsadi va vazifalarini tushunib yetadilar;</li> <li>- «Fizikaviy kimyo» fanining rivojlanishiga hissa qo'shgan o'zbek olimlari haqida ma'lumotga ega bo'ladilar;</li> </ul> |
| <b>Ta'lim berish usullari</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ko'rgazmali ma'ruza, suhbat, aqliy hujum                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                 |                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Ta'lim berish shakllari</b>  | Ommaviy, jamoaviy                               |
| <b>Ta'lim berish vositalari</b> | O'quv qo'llanma, ma'ruzalar matni, proyektor    |
| <b>Ta'lim berish sharoiti</b>   | O'TB bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya |
| <b>Monitoring va baholash</b>   | Og'zaki nazorat, savol-javob                    |

**1. 2. «Fizikaviy kimyo fanining predmeti. Maqsad va vazifalari. Uni O'zbekistonda rivojlanish tarixi» mavzusiga ma'lumotli kirish ma'ruza mashg'ulotining texnologik xaritasi**

| <b>Ish bosqichlari va vaqti</b>      | <b>Faoliyat mazmuni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                           |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <b>Ta'lim beruvchi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Ta'lim oluvchilar</b>                                                                                  |
| <b>Tayyorgarlik bosqichi</b>         | 1. Mavzu bo'yicha o'quv mazmunini tayyorlash;<br>2. Kirish ma'ruzasi uchun taqdimot slaydlarini tayyorlash;<br>3. Talabalar o'quv faoliyatining baholash mezonlarini ishlab chiqish;<br>4. O'quv kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxatini ishlab chiqish;                                                                                                                                                             |                                                                                                           |
| <b>1. Mavzuga kirish – 15 daqiqa</b> | 1. 1. O'quv kursi nomini aytadi. Ekranda kursning tuzilmaviy chizmasini chiqaradi, mavzular ro'yxatini beradi va ularga qisqacha ta'rif beradi (1-ilova);<br>1.2. Birinchi mashg'ulot mavzusi, uning maqsadi va o'quv faoliyati natijalari bilan tanishtiradi;<br>1.3. Talabalar o'quv faoliyatining baholash mezonlari bilan tanishtiradi (2-ilova);<br>1. 4. Talabalar bilimlarini faollashtirish maqsadida savollar beradi (3-ilova); | Tinglaydilar<br><br>Tinglaydilar<br><br>Tinglaydilar<br><br>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar |

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                          |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>2. Asosiy bosqich – 55 daqiqa</b></p>  | <p>2. 1. Power Point dasturi yordamida slaydlar namoyish qilish va izohlash bilan mavzu bo'yicha asosiy nazariy jihatlarini tushuntirib beradi (4-ilova);</p> <p>2.2. Fizikaviy kimyo fanining rivojlanish tarixini sxematik tarzda tushuntirib beradi (5-ilova);</p> <p>2. 3. Talabalar bilimlarini faollashtirish va mustahkamlash maqsadida quyidagi savollarni beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fizikaviy kimyo fani nimani o'rganadi?</li> <li>- Fizikaviy kimyo fan sifatida qachondan o'qitila boshlandi?</li> <li>- Fizikaviy kimyo fanining rivojlanish bosqichlarini sanab bering.</li> <li>- O'zbekistonda fizikaviy kimyo faniga hissa qo'shgan olimlarni sanab bering.</li> <li>-Fizikaviy kimyo fanining tekshirish obyektlari nimalardan iborat?</li> </ul> | <p>Tinglaydilar</p> <p>Asosiy tushunchalarni muhokama qiladilar</p> <p>Talabalar berilgan savollarga javob beradilar</p> |
| <p><b>3. Yakuniy bosqich – 10 daqiqa</b></p> | <p>3. 1. Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi;</p> <p>3. 2. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>Savollar beradilar</p> <p>Vazifalarni yozib oladilar</p>                                                              |

***1-ilova***

**Har bir ma'ruza va amaliy mashg'ulot uchun 0,5 balldan 2 ballgacha qo'yiladi. Reyting bo'yicha natijalar bahosi quyidagicha belgilanadi:**

**2,0 – a'lo**

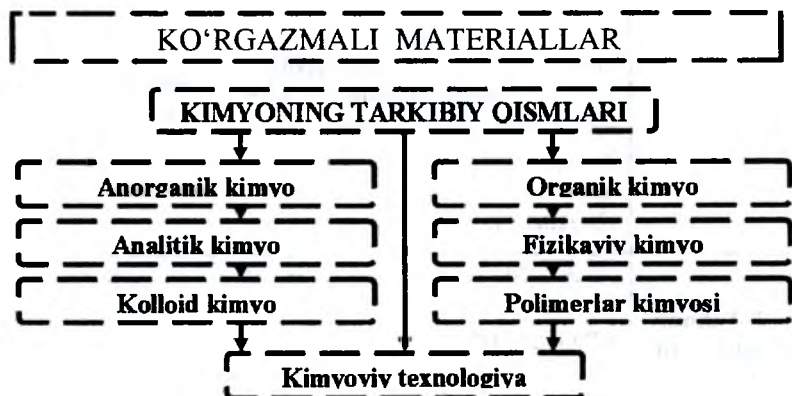
**1,5 – yaxshi**

**1,0 – qoniqarli**

**0,5 – qoniqarsiz**

## PSIXOLOGIK MUHIT YARATISH UCHUN SAVOLLAR

1. Fizikaviy kimyo fanining boshqa fanlar bilan bog'liqligi.
2. Kimyo va uning bo'limlari.
3. M.V.Lomonosovning fizikaviy kimyo fani rivojlanishi uchun qo'shgan hissi.
4. Fizikaviy kimyo fanining tekshirish obyektlari.
5. Termodinamika va MKN.



## FIZIKAVIY KIMYO FANINING RIVOJLANISH BOSQICHLARI

Alkimyogarlardan XVIII asrgacha (dastlabki tushunchalarning paydo bo'lishi)

XVIII asrdan XX asrgacha (fan sifatida shakllanishi)

XX asrdan hozirgi davrgacha (rivojlangan bosqichi)

## MUAMMOLI MA'RUZADA TA'LIM TEXNOLOGIYASI

### 2-MAVZU: TERMODINAMIKA ASOSLARI. GAZ HOLATI TENGLAMALARI. IDEAL GAZ TUSHUNCHASI VA UNING AHAMIYATI

#### 2. 1. «Termodinamika asoslari. Gaz holati tenglamalari. Ideal gaz tushunchasi va uning ahamiyati» mavzusiga muammoli ma'ruza texnologiyasi

| Mashg'ulot vaqti – 2 soat                                                                                                                                                                                                                                                            | Talabalar soni – 50–60 ta                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mashg'ulot shakli                                                                                                                                                                                                                                                                    | Muammoli ma'ruza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Ma'ruza rejasi                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1. Termodinamikaning I bosh qonuni.<br>2. Ichki energiya.<br>3. Standart issiqlik effekti.<br>4. Gaz holati tenglamalari.                                                                                                                                                                                                        |
| Mashg'ulotning maqsadi                                                                                                                                                                                                                                                               | O'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. Termodinamika asoslari haqida ma'lumot berish. Ichki energiya va ishni tushuntirish. Ideal gaz holat tenglamasini tushuntirish                                                                                                                                                     |
| <b>Pedagog vazifalari:</b><br>- Termodinamika haqida ma'lumot berish;<br>- Termodinamikaning I bosh qonunining yaratilishi haqida ma'lumot berish;<br>- Ichki energiya va ish haqida tushunchalar berish;<br>- Termodinamikaning I bosh qonunining matematik ifodasini tushuntirish. | <b>O'quv faoliyati natijalari-talabalar:</b><br>- Termodinamika haqida ma'lumotga ega bo'ladi;<br>- Termodinamikaning I bosh qonunining yaratilishi haqida ma'lumot oladi;<br>- Ichki energiya va ish haqida tushunchalari haqida bilimga ega bo'ladi;<br>- Termodinamikaning I bosh qonunining matematik ifodasini bilib oladi; |
| Ta'lim berish usullari                                                                                                                                                                                                                                                               | Ma'ruza, muammoli usul, aqliy hujum, munozara, tezkor so'rov, taqdimot                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                 |                                                                                                            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ta'lim berish shakllari</b>  | Ommaviy, jamoaviy, guruhli                                                                                 |
| <b>Ta'lim berish vositalari</b> | O'quv qo'llanma, ma'ruzalar matni, proyektor, kompyuter, ko'rgazmali materiallar, chizmalar, marker, skoch |
| <b>Ta'lim berish sharoiti</b>   | Guruhlarda ishlashga mo'ljallangan, maxsus texnik vositalar bilan jihozlangan xona                         |
| <b>Monitoring va baholash</b>   | Og'zaki nazorat, savol-javob, muammoni yechish bo'yicha o'quv topshirig'ini bajarish                       |

**2. 2. «Termodinamika asoslari. Gaz holati tenglamalari. Ideal gaz tushunchasi va uning ahamiyati» mavzusidagi muammoli ma'ruzaning texnologik xaritasi**

| <b>Ish bosqichlari va vaqti</b>             | <b>Faoliyat mazmuni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                  |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                             | <b>Ta'lim beruvchi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Ta'lim oluvchilar</b>                         |
| <b>Tayyor-<br/>garlik<br/>bosqichi</b>      | Muammoni va yakuniy xulosani aniq ifoda etadi. Har bir muammo bo'yicha muammo mag'zini va oraliq xulosalarga izoh beradi. Muammo mag'zi yechimini ta'minlab beruvchi to'g'ri javoblar va muammolarni to'liq yechishda talabalarning faol va tushungan holda qatnashuvidan kelib chiqqan muammoli savollar ro'yxatini tuzadi. Muammoga kirish usullari va vositalarini belgilaydi. Vazifa beradi, ma'ruza mavzusini o'rganib chiqadi. | Ma'ruza matnini o'rganib chiqadilar              |
| <b>1. Mavzuga<br/>kirish –<br/>5 daqiqa</b> | 1. 1. Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Mashg'ulot muammoli ma'ruza shaklida borishini ma'lum qiladi;<br>1.2. Insert texnikasini qo'llagan holda ma'ruza matni bilan tanishib chiqishga asoslangan uy vazifasini eslatib o'tadi;                                                                                                                                                                         | Tinglaydilar<br><br>Tinglaydilar, yozib oladilar |



|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>2. Asosiy bosqich – 65 daqiqa</b></p>     | <p>2.1. Talabalar bilimini suhbat shaklida faollashtiradi. Bilimlarni faollashtirish jarayonida o'quv muammosini yechish bo'yicha izlanuvchanlik faoliyatida faol ishti-rok etishlari uchun talabalarning egallagan bilimlari yetarli ekanligini aniqlaydi;</p> <p>2.2. Faollashtirilgan bilimlar asosida talabalarni mashg'ulotda yechiladigan «Termodinamika asoslari. Gaz holati tenglamalari» nomli muammoga «olib kiradi» va uni ifodalaydi;</p> <p>2.3. Uni yechishga urinib ko'rishlarini tashkil-lashtiradi, tahlil qiladi va ta'lim oluvchilar bilan birgalikda muammoning taxminiy yechimini muhokama qiladi;</p> <p>2. 4. Muammo yechimi yo'llarini izlab topishni tashkillashtiradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- muammo mag'zini aniq ifoda etadi. Muammoli savollarni o'rtaga tashlaydi (1-ilova), ularning javoblarini muhokama qiladi</li> <li>- mashg'ulotni tashkil etish uchun yordamchi savol va xulosalar, ko'rgazmali materiallarda (2-ilova) foydalaniladi;</li> </ul> <p>2.5. Ta'lim oluvchilar bilan birgalikda javob-larning to'liqligini baholaydi, javoblar to'liq bo'lmagan yoki umuman javob bo'lma-gan hollarda berilgan savolga o'zi javob beradi;</p> <p>2.6. Birinchi oraliq xulosaga olib boradi. Anologik ravishda (shunga o'xshash) keyingi muammolar mag'zini, muammolarni to'liq yechilishini hal etadi;</p> <p>2. 7. Yakuniy xulosani aniq ifoda etadi;</p> | <p>Savollarga javob beradilar</p> <p>Muammoni yechish bo'yicha o'z fikrlarini bildiradilar</p> <p>Jarayon mobaynida muammoning yechilishi (yuzaki) yechilishi mumkin emasligini tushunadilar.</p> <p>Yuzaga kelgan qiyinchiliklar borasida o'z fikrlarini bildiradilar, bahslashadilar, muammoning (to'liq) yechilishining optimal yo'llari bo'yicha xulosalar chiqaradilar</p> |
| <p><b>3<br/>Yakuniy bosqich – 10 daqiqa</b></p> | <p>3.1. Ta'lim oluvchilarning muammoni yechish mobaynida harakatlarini tahlil qiladi;</p> <p>3. 2. Bahs jarayonida ularning tayyorgarchiligi va faolligini baholaydi (3-ilova);</p> <p>3. 3. To'g'ri yechimni e'lon qiladi;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>Xatolarni tahlil qiladilar</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## MAVZU BO'YICHA BILIMLARNI FAOLLASHTIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Kimyoviy termodinamika nimani o'rganadi?
2. Sistema nima?
3. Termodinamikaning I bosh qonunini ta'riflang.
4. Ideal gaz kengayganda bajarilgan ishni sxematik tasvirlang.
5. Sistemaning issiqlik effekti nimalarga bog'liq?

## MUAMMONI ANIQ IFODA ETISH UCHUN SAVOLLAR

1. Termodinamikaning asosiy tushuncha va atamalarini bilasizmi?
2. To'liq funksiya deganda nimani tushunasiz?
3. Ish nima?
4. Birinchi tur abadiy dvigatel yaratish nima uchun mumkin emas?
5. Termodinamikaning I bosh qonuni qachon va kim tomonidan kashf etildi?

«Termodinamika asoslari. Gaz holati tenglamalari. Ideal gaz tushunchasi va uning ahamiyati» mavzusidagi muammoli ma'ruzada ta'lim oluvchilar faoliyatini baholash mezonlarining ko'rsatgichlari

## BAHOLASH MEZONLARI

| F. I.<br>SH. | Baho | Mezonlar                          |                                        |                                                 |                      |
|--------------|------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
|              |      | O'tilgan<br>material<br>bilimlari | Faollik<br>(qo'shimcha<br>savol-javob) | Muammolarni<br>yechish<br>bo'yicha<br>taxminlar | Ballar<br>yig'indisi |
|              |      | 0,8                               | 0,6                                    | 0,6                                             | 2                    |
|              |      | 40                                | 30                                     | 30                                              | 100                  |

**ANJUMAN MA'RUZADA TA'LIM BERISH TEX-  
NOLOGIYASI MODELII**  
**3-MAVZU: TERMOKIMYO VA GESS QONUNI**

**3. 1. «Termokimyo va Gess qonuni» mavzusi uchun anju-  
man ma'ruza texnologiyasi**

|                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mashg'ulot vaqti – 2 soat</b>                                                                                                                                                                                                                            | <b>Talabalar soni – 50–60 ta</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Mashg'ulot shakli</b>                                                                                                                                                                                                                                    | Anjuman ma'ruza                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Ma'ruza rejasi</b>                                                                                                                                                                                                                                       | 1. Standart issiqlik effekti.<br>2. Gess qonuni.<br>3. Issiqlik sig'imi.                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Mashg'ulotning maqsadi</b>                                                                                                                                                                                                                               | O'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. Gess qonuni, uning tatbiq etish sohalari, issiqlik effekti noma'lum bo'lgan jarayonlar haqida ma'lumot berish                                                                                                                                   |
| <b>Pedagog vazifalari:</b><br>- Issiqlik effekti va uning jarayonlarga bog'liqligini tushuntirish;<br>- Standart issiqlik effektlari haqida ma'lumot berish;<br>- Gess qonunini tushuntirib berish;<br>- Gess qonuni asosida masalalar yechishni o'rgatish; | <b>O'quv faoliyati natijalari:</b><br><b>talabalar:</b><br>- Issiqlik effekti va uning jarayonlarga bog'liqligini tushunadilar;<br>- Standart issiqlik effektlari haqida ma'lumotga ega bo'ladilar;<br>- Gess qonunini tushunib yetadilar;<br>- Gess qonuni asosida masalalar yecha oladilar; |
| <b>Ta'lim berish usullari</b>                                                                                                                                                                                                                               | Anjuman ma'ruza, munozara, tezkor so'rov                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Ta'lim berish shakllari</b>                                                                                                                                                                                                                              | Ommaviy, jamoaviy, individual                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Ta'lim berish vositalari</b>                                                                                                                                                                                                                             | Ma'ruzalar tizimi, ko'rgazmali materiallar, lazerli proyektor, axborotli ta'minot                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Ta'lim berish sharoiti</b>                                                                                                                                                                                                                               | Texnik vositalardan foydalanishga mo'ljallangan xona                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Monitoring va baholash</b>                                                                                                                                                                                                                               | Og'zaki nazorat, savoljavob, nazorat savollari                                                                                                                                                                                                                                                |

### 3. 2. «Termokimyo va Gess qonuni» mavzusi uchun anjuman ma'ruzaning texnologik xaritasi

| Ish bosqichlari va vaqti     | Faoliyat mazmuni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | Ta'lim beruvchi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ta'lim oluvchilar                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Tayyorgarlik bosqichi</b> | <p>Ma'ruza mavzulari, ma'ruzaga tayyorlanish uchun tavsiya etilayotgan adabiyotlar ro'yxatini beradi. Ma'ruzachilarga mavzularni berishni, taqrizchilar va opponentlarni aniqlashni tashkil lashtiradi. Ma'ruzachilarga tanlangan mavzu bo'yicha referat rejasini batafsil tuzish topshirig'ini beradi, maslahat beradi, olib boruvchi, taqrizchi, ekspertlar vazifasini va ma'ruza qilishga ajratilgan vaqt, baholash ko'rsatkichlari va maezonlari bilan tanishtiradi. Barcha talabalarga ma'ruza va qo'shimcha materiallar mazmunini o'rganib chiqish va savollar tuzish topshirig'ini beradi. Ma'ruzachilar bilan ma'ruza qilish uslubi va tuzilishini muhokama qiladi, ma'ruza mazmuniga o'zgartirishlar kiritadi</p> | <p>Ma'ruzachilar mavzuni tanlaydilar va rejasini tuzadilar. Qolganlar ma'ruza va qo'shimcha materiallar mazmunini o'rganadilar, ma'ruzachilarga o'zgartirishlar, to'ldirishlar kiritadilar. Referat yozadilar, ko'rgazmali materiallar tayyorlaydilar</p> |

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1.</b><br/><b>Mavzuga kirish – 5 daqiqa</b></p> | <p>1.1. O'quv mashg'ulotining mavzusi, maqsadi, ko'zlanayotgan natijalar va uni o'tkazish rejasini ma'lum qiladi. Olib boruvchini tanishtiradi;<br/>1.2. Bilimlarni faollashtirish uchun diqqatni jalb qiluvchi savollar beriladi, tezkor so'rov o'tkazadi;<br/>1.3. Ishga ajratilgan vaqt, mun-ozara o'tkazish qoidalari (1-ilova), baholash ko'rsatkichlari va mezon-lari bilan tanishtiradi (2-ilova);</p>                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Diqqat bilan tinglaydilar, yozib oladilar va javob beradilar</p> <p>Ishga ajratilgan vaqt, munozara o'tkazish qoida-lari, baholash ko'rsatkich-lari va mezonlari bilan tanishadilar</p>                                                                                                                                    |
| <p><b>2. Asosiy bosqich – 65 daqiqa</b></p>           | <p>2.1. Talabalarni tayyorlagan ma'ruza va ma'lumotlar bilan tanishtirishlarini tashkil etadi. Material mazmunini mantiqan yoritib berilishini diqqat bilan kuzatadi;<br/>2.2. Taqrizchilarga so'zga chiqish va savollar berishni taklif etadi;<br/>2.3. Ma'ruza mazmunini jamoa bo'lib muhokama qilish jarayonini tashkil etadi:<br/>-opponentlarga o'z fikrlarini bildirishlarini, qo'shimcha savollar berishni taklif etadi;<br/>- savollar beradi (3-ilova);<br/>-ma'ruzaning asosiy mohiyatini aniqlashtiradi;<br/>-talabalar (o'quvchilar) bilan ishonuvchanlik ruhida suhbatlashadi;<br/>2.4. Har bir ma'ruzani qisqacha umumlashtirish bilan yakunlaydi;</p> | <p>Ma'ruzachilar ma'lumot bilan tanishtiradi</p> <p>Taqrizchi ma'ruzaning ijobiy jihatlarini, kuchsiz tomonlarini aytib o'tadilar. Opponentlar o'z fikrlarini aytadilar, savollar beradilar, munozaralarda ishtirok etadilar. Munozara ishtirokchilari jamoaviy ravishda ma'ruza mazmunini muhokama va munozara qiladilar</p> |

*Davomi*

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                          |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>3. Yakuniy bosqich – 10 daqiqa</b> | 3. 1. O'quv faoliyati natijalariga yakun yasaydi. Faol ishtirokchilarni rag'batlantiradi. Ma'ruza anjuman ma'ruzachilari va ishtirokchilari tayyorgarligini, munozaralardagi faolligini baholaydi. Olingan bilimlarni kelajakdagi kasbiy va o'quv faoliyatidagi ahamiyatini ko'rsatadi;<br>3. 2. Mustaqil ish uchun vazifa beradi (4-ilova); | Tinglaydilar, aniqlashtiradilar, vazifani yozib oladilar |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|

*1-ilova*

**Muhokamani o'tkazish tartibi va vaqt bo'yicha muddati (reglament)**

**Olib boruvchi – ma'ruza mavzusini e'lon qiladi va so'zga chiquvchiga so'zni beradi;**

**(ma'ruza 5 daqiqagacha davom etadi)**

**Taqrizchi – 5 daqiqagacha so'zga chiqadi**

**Jamoa bilan muhokama qilish 10 daqiqagacha davom etadi**

*2-ilova*

**Muhokama qatnashchilarini baholash mezonlari (ekspertlar yoki o'qituvchilar tomonidan to'ldiriladi)**

| <b>Ma'ruzachining<br/>F. I. Sh.</b> | <b>Mavzuning<br/>to'liq<br/>yoritilganligi<br/>– 3 ball</b> | <b>Muhokama jarayoni-<br/>dagi savollarga berilgan<br/>to'g'ri javoblar soni –<br/>har bir savolga 1 ball</b> | <b>Ballar<br/>yig'indisi</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                     |                                                             |                                                                                                               |                              |
|                                     |                                                             |                                                                                                               |                              |
|                                     |                                                             |                                                                                                               |                              |

| <b>Taqrizchining F.<br/>I. Sh.</b> | <b>Ma'ruzaning<br/>ijobiy tomonlari –<br/>1 ball</b> | <b>Ma'ruzaning sust<br/>tomonlari – 1<br/>balldan</b> | <b>Ballar<br/>yig'indisi</b> |
|------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                    |                                                      |                                                       |                              |
|                                    |                                                      |                                                       |                              |
|                                    |                                                      |                                                       |                              |

| <b>Muhokama<br/>qatnashchisining<br/>F. I. Sh.</b> | <b>Mavzuga<br/>qo'shimchalar</b> | <b>Savollar soni –<br/>mazmuni bo'yicha</b> | <b>Ballar<br/>yig'indisi</b> |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|
|                                                    |                                  |                                             |                              |
|                                                    |                                  |                                             |                              |
|                                                    |                                  |                                             |                              |

### **Muhokama qatnashchilariga ko'rsatma**

**Muhokama usuli munosabatlarni aniqlashtirish uchun emas, balki muammolarni yechish usuli hisoblanadi**

**Boshqalarga ham o'z fikrini bayon qilish imkoniyatini berish uchun uzoq vaqt so'zlama**

**Gaplaringni o'yla, ularni fikrlab bayon qil, ongli fikrlaring o'z maqsadingga erishishi uchun o'z hissiyotlaringni nazorat qil**

**Opponent munosabatini ushinishga harakat qil va unga hurmat bilan qara**

**Opponent bayon qilgan fikrni buzmasdan va noto'g'ri talqin qilmasdan, to'g'ri e'tiroz bildir**

**O'qimishli va bilimdonligingni ro'kach qilmay, faqatgina muhokama mavzusi bo'yicha o'z fikrlaringni bildir**

**O'z chiqishingga boshqalarda qiziqish uyg'otib, ularni qoyil qoldir**

### **Muhokamada yo'naltiruvchi ko'rsatma**

**Olib boruvchi – ta'lim beruvchining hamma vazifasini o'z qo'liga oladi, muhokama jarayonini boshqaradi, izoh beruvchi yoki rad qiluvchi hamma dalillarni, tushuncha va atamalar-ni aniq joylarda to'g'ri foydalanishlarini, muomala qilish**

madaniyatini va h.k. ni kuzatib boradi. Soʻzga chiquvchilar uchun berilgan vaqtni qattiq nazorat qiladi.

Taqrizchi – soʻzga chiquvchilarning maʼruzalariga baho beradi va maʼruzaning dolzarbligini, ketma-ketligini, mantiqligini va aniq bayon etilishini, xulosalarning aniq shakllantirish mezonlari boʻyicha ijobiy tomonlarini qayd qiladi

Ekspert – butun muhokamaning natijaviylik tomonlarini, olib chiqilgan faraz va tavsiyalarning haqqoniyligini hamda chiqarilgan xulosalarni baholaydi, muhokamada aniq qatnashchilarning qoʻshgan muhim hissalarini toʻgʻrisida oʻz fikrini bildiradi va h.k.

### *3-ilova*

#### **OPPONENT SAVOLLARI**

1. Izoxorik jarayonida issiqlik effekti qanday aniqlanadi?
2. Izobarik jarayonda entalpiya nimaga teng?
3. Standart issiqlik effektlari qanday hisoblanadi?
4. Gess qonunini taʼriflab bering.
5. Gess qonuniga muvofiq karbonat angidrid ( $\text{CO}_2$ ) dan isgazi ( $\text{CO}$ ) hosil boʻlish issiqlik effektini toping.

### *4-ilova*

Gess qonunidan foydalangan holda, suvning hosil boʻlish issiqlik effektini hisoblab toping.



## TEMATIK MA'RUZADA TA'LIM BERISH TEXNOLOGIYASINING MODELI

### 4-MAVZU: TERMODINAMIKANING II QONUNI. ENTROPIYA VA UNING O'ZGARISHI

#### 4. 1. «Termodinamikaning II qonuni. Entropiya va uning o'zgarishi» mavzusiga tematik ma'ruza texnologiyasi

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mashg'ulot vaqti – 2 soat</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Talabalar soni – 50–60 ta</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Mashg'ulot shakli</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Tematik ma'ruza</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Ma'ruza rejasi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Termodinamik jarayonlar</li> <li>2. Karno sikli</li> <li>3. Entropiya va uning o'zgarishi</li> </ol>                                                                                                                                                                                       |
| <b>Mashg'ulotning maqsadi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | O'quv kursi bo'yicha umumiy tushuncha berish. Gess qonuni, uning tatbiq etish sohalari, issiqlik effekti noma'lum bo'lgan jarayonlar haqida ma'lumot berish                                                                                                                                                                          |
| <b>Mashg'ulotning asosiy tushuncha va atamalari</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           | Karno, Gibbs, Gelmgols, termodinamik qaytar jarayon, Klauzius, abadiy dvigatel, Tomson postulati, Karno sikli, entropiya                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Pedagogik vazifalar</b><br>- Termodinamik jarayonlar haqida ma'lumot berish;<br>- Muvozanat va nomuvozanat jarayonlarni tushuntirish;<br>- Karno siklini tushuntirish;<br>- Entropiya va uning o'zgarishini tushuntirish;<br>- Termodinamikaning II bosh qonunining asosiy tenglamasini keltirib chiqarishni tushuntirish; | <b>O'quv faoliyati natijalari</b><br>- Termodinamik jarayonlar haqida ma'lumot beradi;<br>- Muvozanat va nomuvozanat jarayonlarni tushuntiradi;<br>- Karno siklini tushuntiradi;<br>- Entropiya va uning o'zgarishini tushuntiradi;<br>- Termodinamikaning II bosh qonunining asosiy tenglamasini keltirib chiqarishni tushuntiradi; |
| <b>Ta'lim berish usullari</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ma'ruza, blis so'rov, insert texnikasi                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Ta'lim berish shakllari</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Frontal ish, guruhlarda ishlash                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ta'lim berish vositalari</b>                                                                          | Ma'ruzalar matni, mavzu bo'yicha tarqatma materiallar, grafik organayzerlar, kadoskop, kompyuter texnologiyalari                                                                                                                         |
| <b>Ta'lim berish sharoiti</b>                                                                            | Guruhdagi ishlarni tashkillashtirish uchun muvofiqlashtirilgan texnik uskunalar bilan jihozlangan auditoriya                                                                                                                             |
| <b>Monitoring va baholash</b>                                                                            | Og'zaki nazorat, savol-javob, nazorat savollari                                                                                                                                                                                          |
| <b>Talabalarning berilgan o'quv mashg'ulotlari uchun kerakli bilim va ta'lim mahoratlarning ro'yxati</b> | Termodinamikaning II bosh qonunining asosiy vazifalari, uning I bosh qonun bilan bog'liqligi, Gelmgols va Gibbs funksiyalarining o'zgarishi, termodinamik jarayonlar, entropiya va uning o'zgarishi haqidagi ma'lumotlarni o'zlashtirish |

#### 4. 2. «Termodinamikaning II qonuni. Entropiya va uning o'zgarishi» mavzusiga tematik ma'ruzaning texnologik xaritasi

| <b>Ish bosqichlari va vaqti</b>      | <b>Faoliyat mazmuni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                            |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <b>Ta'lim beruvchi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Ta'lim oluvchilar</b>                                                                                                                   |
| <b>Tayyorgarlik bosqichi</b>         | Auditoriya holati bilan tanishadi, davomatni tekshiradi                                                                                                                                                                                                                                                                   | Auditoriyada o'z joylarini egallaydilar                                                                                                    |
| <b>1. Mavzuga kirish – 10 daqiqa</b> | <p>1.1. Ma'ruza mavzusini, uning maqsadi va o'quv natijalarini tushuntiradi;</p> <p>1.2.Mashg'ulot o'tkazish shakli va baholash mezonlarini tushuntiradi (1-ilova);</p> <p>1.3. Har bir talabaga mavzu bo'yicha ma'ruza matnlarini tarqatadi;</p> <p>1.4. Mavzu rejasi va asosiy tushuncha va atamalarga izoh beradi;</p> | <p>Tinglaydilar va zaruriy axborotlarni yozib boradilar</p><br><br><br><br><br><p>Tinglaydilar va zaruriy axborotlarni yozib boradilar</p> |

[illegible]

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              | <p>2.5. Prezentatsiya boshlanganligini e'lon qiladi. Maslahatchi sifatida so'zga chiqadi. Sharhlaydi, aniqlashtiradi, tuzatishlar kiritadi;</p> <p>2.6. Har bir guruh prezentatsiyasining yakunida shu mavzuga doir savolga talabalar diqqatini tortadi va har bir savolga xulosalar chiqaradi;</p>                                                                                                                                                                                                 | <p>Ma'lumotni tizimlashtiradilar, fikrlar almashadilar. Muzokara mobaynida tanlangan ma'lumotlarni taqdim etish uchun grafik organayzerlar tuzadilar. Guruh sardorlari ko'rgazmali materiallardan foydalangan holda javobni e'lon qiladilar</p> |
| <p><b>3. Yakuniy bosqich – 10 daqiqa</b></p> | <p>3.1. Mavzuga butunlay yakun yasaydi. Talabalardan o'zaro baholash natijalarini e'lon qilishlarini so'raydi. Natijalarni sharhlaydi. Kelajakdagi kasbiy faoliyatlarida qilingan ishning muhimligini uqtiradi;</p> <p>3.2. Navbatdagi vazifani beradi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Insert texnikasini qo'llagan holda matnni mustaqil o'qib chiqish;</li> <li>- B-B-B jadvali bo'yicha 1- va 2-qatorlarni to'ldirish (3-ilova);</li> <li>- Testlarni yechish (4-ilova)</li> </ul> | <p>Guruhlar o'zaro baholanish natijalarini e'lon qiladilar</p> <p>Mustaqil ish uchun vazifalarini yozib oladilar</p>                                                                                                                            |

**«Termodinamikaning II qonuni. Entropiya va uning o'zgarishi» mavzusiga tematik ma'ruzaga doir ta'lim oluvchilar faoliyatini baholovchi mezonlarining ko'rsatgichlari**

**EKSPERT GURUHLARINING ISH NATIJALARINI BAHOLOVCHI MEZONLAR**

| Mezonlar                                                         | Ball | %   | Guruh natijalari bahosi |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------|------|-----|-------------------------|---|---|---|
|                                                                  |      |     | 1                       | 2 | 3 | 4 |
| Axborotning to'liqligi                                           | 1,0  | 50  |                         |   |   |   |
| Ilyustratsiya (grafik tarzda taqdim etish)                       | 0,6  | 30  |                         |   |   |   |
| Guruh faolligi (qo'shimcha, berilgan savol va javoblarning soni) | 0,4  | 20  |                         |   |   |   |
| Jami                                                             | 2    | 100 |                         |   |   |   |

**EKSPERT VARAQASI №1**

**Qonunning yaratilishi haqida tushuncha**

- 1. Qonunning yaratilgan vaqti**
- 2. Qonunning mazmuni**
- 3. Qonunning amaliy tadbiqu**
- 4. Qonunning boshqa kimyoviy qonunlar bilan bog'liqligi**

**EKSPERT VARAQASI №2**

**Entropiya va uning qo'llanilishi haqida tushuncha**

- 1. Entropiyaning to'liq funktsiya ekanligi**
- 2. Jarayonlarning yo'nalishi va muvozanat sharti**

3. Turli jarayonlarda entropiyaning o'zgarishi
4. Modda holatining o'zgarishi

### **EKSPERT VARAQASI №3**

#### **Karno sikli haqida tushuncha**

1. Karno sikli necha jarayondan iborat?
2. Karno siklini sxematik ifodalang
3. Karno-Klauzius nazariyasi
4. Karno qonuni va uning mazmuni

### **EKSPERT VARAQASI №4**

#### **Termodinamikaning II bosh qonunining asosiy tenglamasi haqida tushuncha**

1. Entropiya qiymatining issiqlik miqdoriga bog'liqligi
2. Sistema bajargan maksimum ish
3. Qaytmas jarayonning bajargan ishi
4. Jarayonlarning yo'nalishi va muvozanat sharti

### **EKSPERT VARAQASI №5**

#### **Izotermik potentsiallar haqida tushuncha**

1. Gibbs energiyasi nima?
2. Gelmgols funksiyasi
3. Termodinamik funksiyalarning qiymati
4. Qaytar jarayonlar uchun Gelmgols funksiyasining bajarilishi

*3-ilova*

**Insert texnikasini qo'llagan holda ish yuritish qoidalari**

1. Ma'ruza matnini o'qing.

**2. Ma'ruza matn qatorlariga qalam bilan belgilar qo'yib, olingan ma'lumotlarni tizimlashtiring.**

**B – Termodinamikaning II bosh qonuni haqida mavjud bo'lgan bilimlar (ma'lumotlar) ga mos keladi;**

**«-» (minus) – Termodinamikaning II bosh qonuni haqida mavjud bo'lgan bilimlar (ma'lumotlar) ga e'tiroz bildiradi;**

**«+» (plus) - Termodinamikaning II bosh qonuni haqida yangi ma'lumotlar hisoblanadi;**

**«?» – tushunarsiz, aniqlik yetishmaydi, qo'shimcha ma'lumotlar talab qiladi;**

**B-B-B texnikasini qo'llagan holda ish yuritish qoidalari**

**1. Insert texnikasidan foydalanib ma'ruza matnini o'qing.**

**2. Olingan ma'lumotlarni tizimlashtiring, ma'ruza matniga qo'yilgan belgilar asosida jadval qatorlarini to'ldirib chiqing.**

**B-B-B**

**BILAMAN – BILISHNI XOHLAYMAN – BILIB OLDIM**

| <b>T/r</b> | <b>Mavzu<br/>savollari</b> | <b>Bilaman</b> | <b>Bilishni<br/>xohlayman</b> | <b>Bilib oldim</b> |
|------------|----------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|
| 1          |                            |                |                               |                    |
| 2          |                            |                |                               |                    |
| 3          |                            |                |                               |                    |

## TEST SAVOLLARI

### 1. Qanday jarayonga qaytar jarayon deyiladi?

A. \*Reaksiya yo'nalishi teskari tomonga borishi mumkin bo'lgan, ammo bosim, hajm va harorat o'zgarmasdan qolgan jarayonga aytiladi;

B. Reaksiya o'z yo'nalishini teskari tomonga o'zgartirib, hajm o'zgarib, harorat va bosim o'zgarmasdan qolgan jarayonga aytiladi;

C. O'z yo'nalishini teskari tomonga o'zgartirganda bosim, harorat o'zgarib, hajm o'zgarmasdan qolgan sistemaga aytiladi;

D. Reaksiya yunalishini istalgan bosqichda teskari tomonga borishda parametrlarning birortasi (ayni paytda bosim) cheksiz kichik qiymatga o'zgarishiga aytiladi.

### 2. Izotermik jarayonda sistema bajargan ishning tenglamasini tanlang.

A. \*  $A = \int_{V_1}^{V_2} (RT/V) dV = RT \ln \left( -\frac{V_2}{V_1} \right);$

B.  $A = \int_{V_1}^{V_2} (RT/P) dV = RT \ln \left( -\frac{P_2}{P_1} \right);$

C.  $A = \int_{V_1}^{V_2} (RV/V) dT = RT \ln \left( -\frac{T_2}{T_1} \right);$

D.  $A = \int_{V_1}^{V_2} (RT/T) dV = RT \ln \left( -\frac{T_2}{T_1} \right).$

### 3. Izoxorik jarayonda sistema bajargan ishning tenglamasini tanlang.

A.  $Q_V = \left( \frac{dU}{dT} \right)_V;$



B.  $Q_V = \Delta U; A = 0^*$  ;

C.  $Q_V = \Delta U = U_1 - U_2$  ;

D.  $Q_V = \Delta U = U_2 - U_1$  .

**4. Kimyoviy reaksiya issiqlik sig'imini o'zgarishi harorat o'zgarishi bo'lib,  $\Delta C_p = \Delta a + \Delta BT + \Delta CT^2$  tenglama bilan ifodalanadi va  $\Delta a, \Delta B, \Delta C$  koeffitsientlar noldan katta. Koeffitsiyentlar qanday fizikaviy ma'noga ega?**

A. \*Ma'noga ega emas;

B. Moddalarning solishtirma issiqlik sig'imi;

C. Moddalarning molar issiqlik sig'imi;

D. Issiqlik effektining o'zgarishi.

**5. Agar bir litr hajmdagi berk idishda 2 mol geliyni  $1^\circ\text{C}$  qizdirilganda jarayonning bajargan ishi nimaga teng bo'ladi?**

A.  $A = 0^*$ ;

B.  $RT$ ;

C.  $R$ ;

D.  $2RT$ .

**6. Reaksiyaning issiqlik effekti  $Q_v$  hajm va  $Q_p$  bosim o'zgar-maganda, issiqlik effekti orasida qanday bog'liqlik bor?**

A. \*  $Q_p = Q_v + \Delta nRT$  ;

B.  $Q_p = Q_v + p\Delta V$ ;

C.  $Q_v = Q_p + \Delta nRT$  ;

D.  $Q_p = Q_v$  .

**7. Bir mol gaz izoxorik holda  $T_1$  dan  $T_2$  haroratgacha qizdirildi. Shu gaz ichki energiyasi o'zgarishining umumiy ifodasini ko'rsating.**

A.  $\Delta U = C_V(T_2 - T_1);$

B.  $\Delta U = \int_{T_2}^{T_1} \Delta C_V dT;$

C.  $\Delta U = - \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_V dT;$

D.  $\Delta U = (C_p - C_V)(T_2 - T_1).$

**8. Bir mol gaz izobarik holda  $T_1$  dan  $T_2$  haroratgacha qizdirildi. Jarayon gaz entalpiyasining o'zgarishi issiqlik sig'imi harorat oralig'ida o'zgarish bo'lganda hisoblash formulasini ko'rsating.**

A.  $\Delta H = Cp(T_2 - T_1);$

B.  $\Delta H = \Delta Cp(T_2 - T_1);$

C.  $\Delta H_{T_2} = \Delta H_T + Cp(T_2 - T_1);$

D.  $\Delta H = \Delta C_V \cdot T + const.$

**9 A, B va C yonuvchi moddalarning yonish va hosil bo'lish issiqliklari qiymati ma'lum. Bu qiymatlar bir xil aniqlikda olingan (masalan  $\pm 5\%$ ): A, B, C moddalar orasidagi reaksiya ishqilik effektini topish uchun qanday qiymatlar olib ishlatiladi?**

A. \*Hosil bo'lish issiqligi qiymatlari ishlatiladi, chunki hosil bo'lgan issiqlikning qiymati yonish issiqligi qiymatidan kam bo'lgani sababli, hosil bo'lish issiqligi farqini hisoblaganda kam xatolikka yo'l qo'yiladi;

B. Yonish issiqligi qiymatlari ishlatiladi, chunki bu qiymatlar yonayotgan modda uchun bir muncha aniq qiymatdir;

C. Ikkalasining ham qiymati ishlatilishi mumkin, chunki buning farqi yo'q;

D. Hosil bo'lish issiqligi qiymatlarini ishlatish mumkin, chunki bu usul keng tarqalgan.

### **10 . Entropiya sistemaning holatiga bog'liq bo'ladimi?**

A. \*Sistema dastlabki holatdan oxirgi holatga o'tishda sistema entropiyasining o'zgarishi dastlabki va oxirgi holatiga bog'liq bo'lib, jarayon bosib o'tgan yo'lga bog'liq bo'lmaydi;

B. Entropiya sistemaning dastlabki holatdan oxirgi holatga o'tishida sistema entropiyasining o'zgarishi sistemaning dastlabki va oxirgi holatiga bog'liq bo'lmaydi;

C. Sistema dastlabki holatdan oxirgi holatga o'tishda sistema S ning o'zgarishi faqat boshlang'ich va oxirgi holatga va bosib o'tgan yo'lga bog'liq bo'ladi;

D. Sistema dastlabki holatdan oxirgi holatga o'tishda sistema S ning o'zgarishi jarayon yuliga bog'liq bo'lib sistemaning dastlabki va oxirgi holatiga bog'liq bo'lmaydi.

### **11. Entropiyaning matematik ifodasini tanlang.**

A. \*  $dS = \frac{\delta Q}{T}$ ;

B.  $dS = \frac{\delta A}{V}$ ;

C.  $dS = \frac{\delta A}{T}$ ;

$$D. dS = \left( \frac{\partial \omega}{\partial p} \right)_v.$$

**12. Termodinamika II qonunining matematik ifodasini tanlang.**

$$A. * \Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = S_2 - S_1 ;$$

$$B. \Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{dA} ;$$

$$C. \Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = S_1 - S_2 ;$$

$$D. \Delta S = \int_1^2 dQ = S_2 - S_1 .$$

**13. Izotermik jarayon uchun entropiyaning o'zgarishi qaysi formuladan hisoblanadi?**

$$A. * \Delta S = \frac{\partial Q}{T} ;$$

$$B. \Delta S = -\frac{Q}{T} ;$$

$$C. \Delta S = \frac{Q}{V} ;$$

$$D. \Delta S = -\frac{Q}{V} .$$

**14. Eruvchi molar qismini ifodalaydigan tenglama qaysi?**

A.  $*N_2 = \frac{P_1^0 - P_1}{P_1^0};$

B.  $\Delta T = K \cdot C;$

C.  $P = P_0 N_1;$

D.  $E = \frac{P_1}{P_1^0}.$

**15. Kimyoviy reaksiya kinetikasining asosiy usullarini ko'rsating.**

- A. \*Reaksiya tezligining hajm o'zgarishi, spektral analiz, pol-yarometrik va xromotografiya usuli bilan aniqlash;
- B. Reaksiya tezligini spektral analiz bilan aniqlash;
- C. Reaksiya tezligini polyarometrik, elektrokimyoviy usul bilan aniqlash;
- D. Reaksiya tezligini hajm o'zgarishi bilan aniqlash.

**16. Reaksiya tartibini aniqlash usullarini ko'rsating.**

- A. \*Izolatsiyalash, Vant-Goff, Yarim yemirilish va molekular tenglamalarga mos kelishi usuli;
- B. Vant-Goff usuli;
- C. Yarim yemirilish vaqti;
- D. Molekular tenglamalarga muvofiq kelishi.

**17. Nolinchi tartibli qaytmas reaksiya tezligi reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladimi?**

- A. \*Bog'liq bo'lmaydi;

- B. Bog'liq bo'ladi;
- C. Konsentratsiya yuqori bo'lganda;
- D. Suyultirilgan eritma konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

**18. Ketma-ket borayotgan reaksiya tezligi qanday aniqlanadi?**

- A. \*Kimyoviy reaksiyaning eng tez boradigan bosqichi bilan aniqlanadi;
- B. Kimyoviy reaksiyaning sekin boradigan bosqichi bilan aniqlanadi;
- C. Kimyoviy reaksiyaning eng tez boradigan limitlangan bosqichi bilan aniqlanadi;
- D. Kimyoviy reaksiyaning eng sekin boradigan limitlangan bosqichi bilan aniqlanadi.

**19. Parallel reaksiyalar deganda nimani tushunasiz?**

- A. \*Parallel reaksiya deb bir vaqtning o'zida ikki va undan ortiq yo'nalishida boradigan reaksiyalarga aytiladi;
- B. Parallel reaksiya deb to'g'ri (o'ng tomon) yo'nalishida boradigan reaksiyalarga aytiladi;
- C. Parallel reaksiya deb faqat teskari (chap tomon) yo'nalishida boradigan reaksiyalarga aytiladi;
- D. Parallel reaksiya deb bir vaqtning o'zida to'g'ri va teskari boradigan reaksiyalarga aytiladi.

**20. Harorati yuqori bo'lmagan reaksiyalarda reaksiya tezligiga haroratning ta'siri va Vant-Goff qoidasini ko'rsating.**

- A. \*Harorati yuqori bo'lmagan reaksiyalarda harorati 10 °C oshirilganda reaksiya tezligi 4 marta oshadi;
- B. Harorati yuqori bo'lmagan reaksiyalarda harorati 10 °C oshirilganda reaksiya tezligi oshmayadi;
- C. Harorati yuqori bo'lmagan reaksiyalarda harorati 10 °C oshirilganda reaksiya tezligi 10 marta oshadi;
- D. Harorati yuqori bo'lmagan reaksiyalarda harorati 10 °C

oshirilganda reaksiya tezligi ko'p marta ortadi.

**21. Faollanish energiyasining o'lchov birligi nimadan iborat?**

- A.  $\text{kJ/mol}$ ;
- B.  $\text{J/kmol}$ ;
- C.  $\text{J/mol}$ ;
- D.  $\text{mol/J}$ .

**22. Energiya g'ovidan qanday molekulalar osha oladi?**

- A. Energiya g'ovidan faqat faol molekulalar osha oladi;
- B. Energiya g'ovidan faqat manfiy zarrachalar o'ta oladi;
- C. Energiya g'ovidan faqat neytral molekulalar osha oladi;
- D. Energiya g'ovidan birorta molekula osha olmaydi.

**23. Zanjir reaksiyasining boshlanishi uchun qanday molekulalar bo'lishi kerak?**

A. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar va bunday faol markazlar vazifasi valentligi to'yinmagan atom va radikallar bo'lishi shart;

B. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar, komplekslar bo'lishi shart;

C. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar bo'lishi shart;

D. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar va juftlashmagan radikallar bo'lishi shart.

**24. Kataliz (haqidagi) hodisasi haqidagi tushunchangizni gapirib bering.**

A. Katalizatorlar ishtirokida boradigan reaksiyalar katalitik reaksiyalar va bunday borish hodisasi kataliz deyiladi;

B. Kimyoviy reaksiyani tezlatuvchi jarayonga kataliz deyiladi;

C. Reaksiya borgan sohaga va mexanizmga ta'sir ko'rsatgan jarayonga kataliz deyiladi;

D. Kataliz deb oksidlanish-qaytarilish jarayoni bilan boradigan sohaga aytiladi;

**25. Zanjir reaksiyasining boshlanishi uchun qanday molekullar bo'lishi kerak?**

A.\*Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar va bunday faol markazlar vazifasi-valentligi to'yinmagan atom va radikallar bo'lishi shart;

B. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar, koplekslar bo'lishi shart;

C. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar bo'lishi shart;

D. Zanjir reaksiyasi boshlanishi uchun faol markazlar va juftlashmagan radikallar bo'lishi shart.

**26. Nernst-Tyurin tenglamasini ko'rsating.**

A.\*  $E = E_0 + \frac{RT}{ZF} \ln a^{z+}$  ;

B.  $E = \frac{RT}{F} \ln a^{z+}$  ;

C.  $E = E_0 - RT \ln a^{z-}$  ;

D.  $E = E_0 + \frac{RT}{dF} \ln a^{z-}$  .

**27. Dissotsilanish konstantasi va darajasi orasidagi bog'liqlikni ko'rsating.**

A.\*  $K = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$  ;

B.  $K = \sqrt{C\alpha}$  ;



C.  $K = C\alpha^2$ ;

D.  $K = \frac{C\alpha}{1-\alpha^2}$ ;

**28. Arrenius nazariyasining kamchiliklarini ko'rsating.**

- A. \*Ion-dipol va ion-ion o'zaro ta'sirini hisobga olmagan
- B. Ion-dipol o'zaro ta'sirini hisobga olmagan
- C. Ion-ion o'zaro ta'sirini hisobga olmagan
- D. Ion atmosferasini hisobga olmagan

**29. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deb nimaga aytiladi?**

- A. \*Maydoni 1 sm<sup>2</sup> va uzunligi 1 sm bo'lgan idishdagi elektrolitning elektr o'tkazuvchanligiga aytiladi;
- B. Maydoni 10 sm<sup>2</sup> va uzunligi 100 sm bo'lgan idishdagi elektrolitning elektr o'tkazuvchanligiga aytiladi;
- C. Bir-biridan 1 sm masofada turgan ikki elektrod orasidagi 1 g-ekv elektrolit bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga aytiladi;
- D. Metallarning elektr o'tkazuvchanligiga aytiladi.

**30. Daniel-Yakobi elementi uchun quyidagi zanjirlardan qaysi biri to'g'ri yozilgan?**

- A. \*  $(-)\text{Zn}|\text{ZnSO}_4||\text{CuSO}_4|\text{Cu}(+)$ ;
- B.  $(-)\text{Zn}|\text{CuSO}_4||\text{ZnSO}_4|\text{Zn}(+)$ ;
- C.  $(-)\text{Cu}|\text{CuSO}_4||\text{CuSO}_4|\text{Cu}(+)$ ;
- D.  $(-)\text{Zn}|\text{ZnSO}_4||\text{CuSO}_4|\text{Zn}(+)$ .

**31. Elektrokimyoning predmeti deganda nima tushuniladi?**

- A. \*Elektrodlarda boradigan jarayonlar termodinamikasi va kinetikasini o'rganish tushuniladi;
- B. Elektrodlarda boradigan jarayonlarning kinetikasini o'rganil-

ishi tushuniladi;

C. Elektrodlarda boradigan oksidlanish-qaytarilish jarayoni tushuniladi

D. Elektrodlarda boradigan jarayonlarda elektrod bilan eritma orasidagi o'zaro munosabat tushuniladi.

**32. Ionlarning o'rtacha faolligini ko'rsating.**

A.  $a_{\pm} = \sqrt[n]{a_+^{v+} \cdot a_-^{v-}};$

B.  $a_{\pm} \sqrt[n]{a_+^{v+}};$

C.  $a_{\pm} = \sqrt{a_+^{v+} - a_-^{v-}};$

D.  $a_{\pm} = \sqrt[n]{a_-^{v-}}.$

**33. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning o'lchov birligi nimadan iborat?**

A.  $m^2 \cdot \text{om}^{-1} \cdot 2 - \text{ekv}^{-1};$

B.  $\text{om}^{-1} \cdot 2 - \text{ekv};$

C.  $\text{om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1};$

D.  $\frac{\text{om}}{m} \cdot g - \text{ekv}.$

**34. Oksidlanish-qaytarilish elektrodleri zanjirning E.Yu.K. hisoblash tenglamasini ko'rsating.**

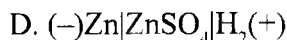
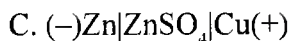
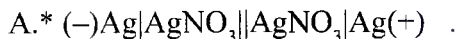
A.  $E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{\text{Fe}^{2+}}}{a_{\text{Fe}^{3+}}};$

$$B. E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln a_{Fe^{3+}} ;$$

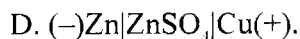
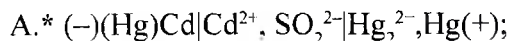
$$C. E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}} ;$$

$$D. E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln a_{Fe^{2+}} .$$

**35. Konsentratsion zanjirni ko'rsating.**



**36. Normal Veston elementini ko'rsating.**



**37. Birinchi turdagi elektrodni ko'rsating.**

A.\*vodorod elektrodi;

B. kumush xlorli elektrodi;

C. xingidron elektrodi;

D. oksidlanish-qaytarilish elektrodi.

**38. Kuchli elektrolitlar uchun Kolraush tenglamasini ko'rsating.**

$$A.* \lambda = \lambda^0 - b\sqrt{c} ;$$

$$B. \lambda = \lambda^0 + ab\sqrt{c};$$

$$C. \lambda = b\sqrt{c};$$

$$D. \lambda^0 = \lambda + \sqrt{c};$$

**39. Elektrodlar uchun Lippmanning I va II tenglamalarini ko'rsating.**

$$A.* \frac{\partial \tau}{\partial \varepsilon} = -q; -\frac{\partial^2 \tau}{\partial \varepsilon^2} = c;$$

$$B. \partial \tau \bullet \partial \varepsilon = -q; \frac{\partial^2 \tau}{\partial \varepsilon^2} = c;$$

$$C. \frac{\partial^2 \tau}{\partial \varepsilon} = q; \frac{\partial \tau}{\partial \varepsilon^2} = c;$$

$$D. \frac{\partial \tau}{\partial \varepsilon^2} = q; -\frac{\partial^2 \tau}{\partial \varepsilon^2} = -c.$$

**40. Osvaldning suyultirish qonunining matematik ifodasini ko'rsating.**

$$A.* \kappa = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha};$$

$$B. \kappa = c\alpha^2;$$

$$C. \kappa = \frac{c^2\alpha}{\alpha+1};$$

$$D. \kappa = \frac{c\alpha}{1+\alpha};$$

## **FIZIKAVIY KIMYODAN MUSTAHKAMLASH VA NAZORAT UCHUN SAVOLLAR**

1. Moddaning agregat holatlari deganda nima tushuniladi?
2. Gaz, suyuqlik, qattiq jism va plazma tushunchalariga ta'rif bering.
3. Gaz holati qanday qonunlar bilan xarakterlanadi? Ularga ta'rif bering va tegishli formulalarini yozing.
4. Klapeyron tenglamasi bilan Mendeleyev-Klapeyron tenglama - si orasida qanday tafovut bor?
5. Gazlarning kinetik nazariyasi nimadan iborat?
6. Harorat tushunchasiga xarakteristika bering.
7. Gazlarning kinetik nazariyasidan qanday xulosalar kelib chiqadi?
8. 1 mol karbonat anfidrid 293 K da 2 litr hajmni egallaydi. Mendeleyev-Klapeyron tenglamsi asosida bosim topilsin (javobi  $p=11,8$  atm).
9. Suyuqliklarga umumiy xarakteristika bering.
10. Molekulalarning tezligi ularning massasiga bog'liqmi?
11. Termodinamika nimalarni o'z ichiga oladi?
12. Termodinamik tushunchalarni birma-bir aytib bering va har birini ta'riflang.
13. Sistema, tashqi muhit, gomogen sistema, geterogen sistema, izolatsiyalangan sistema, ochiq va yopiq sistema ekstensiv va intensiv paramaterlar energiya, ish tushunchalarini ta'riflang.
14. Jarayonlar necha tur bo'ladi? Ularga ta'rif bering.
15. Ichki energiyaning absolut qiymatini nima uchun bilib bo'lmaydi?
16. Birinchi xil abadiy dvigatel nima?
17. Termokimyoviy tenglama reaksiyaning odatdagi tenglamsidan nimalar bilan farq qiladi?
18. Reaksiyaning issiqlik effekti bilan uning entalpiyasi orasida qanday bog'lanish bor?
19. Gess qonunning 5 ta oqibati ma'lum, ulardan siz qaysilarini bilasiz?
20. Amalda gess qonunlari qayerlarda qo'llaniladi?

21. Eritma va Erituvchanlik tushunchalariga ta'rif bering.
22. D.I.Mendeleyevning eritmalarga oid gidratlar nazariyasi nimadan iborat?
23. Eritma konsentratsiyasi qanday usullar bilan ifodalaniladi?
24. Qanday shart mavjud bo'lganda Genri qonuni aniq qo'llanila oladi?
25. Kriogidrat deb nimaga aytiladi?
26. Suyuqlik ustidagi bosimni pasaytirishning qanday ahamiyati bor?
27. Eritmalar qaynash haroratining ko'tarilishi nimalarga bog'liq?
28. Eritmalarda diffuziya bilan osmos o'rtasidagi ayirma nimadan iborat?
29. Izotonik eritmalarga ta'rif bering.
30. Elektrolit eritmasining qarshiligini qanday kamaytirish mumkin?
31. Kimyoviy kinetikaning vazifasi nimadan iborat?
32. Kimyoviy reaksiyaning tezligi qanday o'lchanadi? Ammiak sintezi misolida tushuntirib bering.
33. Reaksiya tezligi qanday omillarga bog'liq?
34. Reaksiyaning mexanizmi deganda nima tushuniladi?
35. Reaksiyalarning tartibi nima va u qanday aniqlaniladi?
36. Reaksiyalarning kinetik sinfi nimadan iborat?
37. Oddiy va murakkab reaksiyalarga ta'rif bering.
38. Zanjir reaksiyalari nimadan iborat?
39. Reaksiya tezligiga haroratga qanday ta'sir ko'rsatadi?
40. Arrenius tenglamsi nimadan iborat?
41. Kimyoviy muvozanat nima?
42. Kimyoviy muvozanat qaror topganini qanday bilish mumkin?
43. Massalar ta'siri qonunining ta'rifini aytib bering. Qaytar reaksiyalar uchun bir nechta misol keltiring.
44. Kimyoviy muvozanat qanday belgilar bilan xarakterlanadi?
45. Turli jarayonlarning o'z-o'zicha borishi va muvozanat holatiga kelishi qanday shartlarga rioya qiladi?
46. KS va KR orasida qanday bog'lanish bor? Qanday reaksi-

yalarda KR dan foydalaniladi?

47. Nima sababdan geterogen sistemalar uchun muvozanat konstanta ifodasini yozishda kondensatlangan (qattiq va suyuq) moddalarning konsentratsiyasidan foydalanilmaydi?

48. Gibbs-Gelmgols tenglamasi nimadan iborat?

49. Le-Shatele prinsipi nimadan iborat?

50. Klazius-Klapeyron tenglamsiga tushuncha bering.

51. Elektrokimyo fani nimani o'rganadi?

52. Qo'sh elektr qavat nima?

53. Neris tenglamasining tom ma'nosi nimadan iborat?

54. Standart elektrod potensial nima?

55. Golvanik elemnt deganda nimani tushunasiz?

56. Elektrodning qanday turlarini bilasiz?

57. Kalmol elektrod nima?

58. Ximgirdon, shisha elektrodlar nima?

59. Potensiometrik titrlash nimalarga asoslangan?

60. Galvonometrik elemntning elektr yurituvchi kuchi qanday hisoblanadi?

61. Yorug'lik yutilishi (absorbsiya) nima?

62. Fotokimyoviy reaksiya deb qanday reaksiyalarga aytiladi?

63. Moddaning yorug'likni yutish qobiliyati bilan ekstinsiya o'rtasida qanday bog'lanish bor?

64. Ekstinsiya koeffitsiyentining o'lchamini qayd eting.

65. Fotokimyoviy reaksiyalarni kataliz deb qarash mumkunmi?

66. Fotokimyoviy ekvivalent deb nimaga aytiladi? Fotokimyoviy ekvivalentlik qonuni qanday ta'riflaniladi?

67. Qanday holda fotokimyoviy reaksiyaning kvant unumi 1 dan kichik bo'ladi?

68. Sensibilizator nima?

69. Molekular vodorod to'lqin uzunligi  $2537\text{\AA}$  bo'lgan yorug'lik bilan yoritilganda atomlarga parchalanmaydi, vaholangki bu nurning energiyasi vodorod molekulalarining parchalanish energiyasidan ortiq bo'ladi. Agar molekular vodorodga ozroq miqdordagi simob bug'lari aralashtirilsa tezda parchalanish sodir bo'ladi. Bu hodisani qanday tushuntirish mumkin?

70. Fotosintezning yig'indi reaksiya tenglamalarini yozing.

## TAYANCH IBORALAR

Ajralish issiqligi, asos, absolut harorat, ampermetrik titrlash, alangali Fotometriya usuli, faol ansabllar nazaiyasi, avtokatalitik reaksiyalar, biomolekular, bosim, bufer eritmalar, iffuzion qarshilik, dipol. Dipol momenti, dissotsiyalanish nazariyasi, diffuziya potentsiali, erkin va bog'langan energiya, entalpiya,erish issiqligi, elektrokimyo, elektr yurituvchi kuchlar, elektron potentsiallar, elektr yurituvchi kuchlar, elektrodlar, elektrometrik usul, elektroliz, elektr o'tkazuvchanlik, elektr yorituvchi kuchlar,ekvivalent,entropil, eritmalar, energetik of, elektron kimyoviy nazariya,Faradey qonunlari, fotokimyoviy reaksiyalar, fotosintez, fotometrik analiz, fradey soni, Gess qonuni, galvonik elementlar,geterogen sistemalar, gidroliz konstantasi, gazlar aralashmasi, gidrat,giterogen kataliz va Gomogen kataliz, geterogen reaksiyalar va Gomogen reaksiyalar, haqiqiy tezlik, harakatlanish qonuni, infraqizil spektrometriya, indikator elektrod, indikatorlar, ionlar konsentratsiyasi, izotonik eritmalar, issiqlik effekti, ichki energiya, joul, kulonometrik analiz usuli, konsentratsion elementlar, kimyoviy muvozanat, konsentratsiya, kuchsiz elektrolitlar, kuchli elektrolitlar, kislota, kolorimetr usul, konduktometriya, konduktometrik titrlash, krioskopik kons-tanta, kinetika, kataliz,lambert qonuni, le-Shatele prinsipi, mass spektrometrik analiz, membrana potentsiali, molarlik, muvozanat konstantasi, muhit,muzlash harorati,monomolekulyar, multipetlar nazariyasi, normallik, oksidlanish energiyasi, o'rtacha tezlik, osmos hodisasi, osmotik bosim, optik zichlik, optik analiz usuli, oksidlanish-qaytarilish potentsiallari, plank doimiyligi, potensiometrik titrlash, polomel elektrod, protalitik nazariya, polyorimetriya, jarayon,



qaytar va qaytmas jarayon, qarshilik o'tkazgich uzunligi, qaynash harorati, qattiq eritmalar, rentgen struktura analizi, Raul qonuni, spektrometrik usul, sistema, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik, termodinamika, termografik analiz, harorat, tuzlar gidrolizi, termodinamika potentsiallari, termokimyo, ultrabinafsha, universal gaz doimiyligi, vodorod ko'rsatkich, valden qoidasi, vant-Goff qonuni va qoidasi, ximgirdon kalomen, yadro-magniy-rezonans usuli, yarim yo'nalish davri, zanjir reaksiyalar,

## GLOSSARIY (IZOHLI LUG‘AT)

|                         |                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Atom</b>             | Moddaning kimyoviy jihatdan bo‘linmaydigan eng kichik zarrachasi. Bir turdagi atomlar “kimyoviy element” deyiladi. Atomlar o‘zaro birikib molekula hosil qiladi. |
| <b>Absorbsiya</b>       | Suyuqlikning sirtiga yutilishi                                                                                                                                   |
| <b>Adsorbsiya</b>       | Qattiq jismning sirtiga yutilishi                                                                                                                                |
| <b>Kimyoviy element</b> | Bir xil yadro zaryadiga ega bo‘lgan atomlar turi.                                                                                                                |
| <b>Kimyoviy modda</b>   | Atomlar o‘zaro birikishi natijasida atomlar tuzilishiga ega bo‘lgan moddalar.                                                                                    |
| <b>Katalizator</b>      | Reaksiyaning tezligini oshirishga yordam beruvchi modda                                                                                                          |
| <b>Kataliz</b>          | Katalizator ishtirok etadigan kimyoviy reaksiya                                                                                                                  |
| <b>Termodinamika</b>    | Issiqlik va ish ma‘nosini anglatadi                                                                                                                              |
| <b>Entropiya</b>        | Sistemaning tartibsizlik o‘lchovi                                                                                                                                |
| <b>Entalpiya</b>        | Sistema issiqlik saqlami                                                                                                                                         |
| <b>Molekula</b>         | Ayni modda tarkibini va kimyoviy xossalarini ifodalovchi eng kichik zarracha.                                                                                    |
| <b>Izobar jarayon</b>   | O‘zgarmas bosimda boradigan jarayon                                                                                                                              |
| <b>Izoxorik jarayon</b> | O‘zgarmas hajmda boradigan jarayon                                                                                                                               |
| <b>Neytron</b>          | Yadroning tarkibiy qismi bo‘lib, zaryadi nolga va massasi 1 ga teng bo‘lgan zarra. n belgi bilan ifodalanadi.                                                    |
| <b>Orbita</b>           | Elektronni yadro atrofida aylanish ehtimoli yuqori bo‘lgan yo‘li.                                                                                                |
| <b>Proton</b>           | Yadroning tarkibiy qismi bo‘lib, zaryadi 1 va massasi 1 ga teng bo‘lgan zarracha. Vodorod atomining yadrosi ham protondir. p belgi bilan ifodalanadi.            |
| <b>Spin</b>             | Elektronni o‘z o‘qi atrofida aylanish xususiyatini ifodalovchi tushuncha, u $+\frac{1}{2}$ va $-\frac{1}{2}$ qiymatlarga ega bo‘ladi.                            |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elektron</b>                  | Atomning tarkibiy qismi bo'lib, zaryadi -1 va massasi 1 ga teng bo'lgan zarracha.                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Elektron bulut</b>            | Elektronning yadro atrofida harakati natijasida vujudga kelgan maydon. Elektron harakatining belgilangan energiyasiga muvofiq elektron bulut shakli turlicha bo'lishi mumkin.                                                                                                                               |
| <b>Yadro</b>                     | Atomning asosiy tarkibiy qismi bo'lib, musbat zaryadlangan zarra. Atomning massasi yadroda mujassamlashgan bo'ladi. Yadro musbat zaryadlangan protonlar va neytronlardan tashkil topadi.                                                                                                                    |
| <b>Plastmassalar</b>             | Sun'iy usul bilan olingan yuqori molekular birikmalar, plastik o'zgarishlarga moyil.                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Termoplastlar</b>             | Yuqori haroratda asosan plastik o'zgarishlarga moyil plastmassalar. Masalan, polivinilxlorid, polietilen, polistirol.                                                                                                                                                                                       |
| <b>Duroplastlar</b>              | Ishlab chiqarish jarayonida muloyim plastik holatdagi plastmassalar. keyingi termik yoki boshqa biron xil ta'sir natijasida qattiq va suyuqlanmaydigan holatga aylanadi. Masalan, fenoplastlar, aminoplastlar.                                                                                              |
| <b>Elastomerlar (kauchuklar)</b> | Rezinasimon xususiyatga ega bo'lgan tabiiy yoki saun'iy usulda olingan yuqori molekular moddalar. Masalan, tabiiy kauchuk, sun'iy kauchuk, rezina.                                                                                                                                                          |
| <b>Kimyoviy tolalar</b>          | Sun'iy usul bilan olingan tola shaklidagi yuqori molekular birikmalar. ular tekstil kiyim-kechaklar tayyorlashda qo'llaniladi. Masalan, poliakrilonitril tolalar (volpril, dyuralon, orlon, nitron), poliamid tolalar (dederon, neylon, perlon, kapron), poliefir tolalar (grizuten, élan, trevir, lavsan). |
| <b>Valentlik</b>                 | Elementning bir atomiga nechta atom vodorod birikishini yoki almashishini ko'rsatuvchi son.                                                                                                                                                                                                                 |

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Oksidlanish darajasi</b>                 | Atomning molekuladagi shartli zaryadi bo'lib, u molekula faqat ionlardan tarkib topgan degan taxmin asosida hisoblab topiladi. Boshqacha aytganda, oksidlanish darajasi – bu modda molekulasi faqat ionlardan tuzilgan deb faraz qilingandagi elementlarning elektrovalentligidir. |
| <b>Oksidlanish</b>                          | Atom, molekula yoki ionning elektron berish jarayoni                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Oksidlovchi</b>                          | Elektronlarni biriktirib oladigan atom, molekula yoki ionlar.                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari</b> | Reaksiyaga kirishayotgan moddalar tarkibidagi atomlarning oksidlanish darajasi o'zgarishi bilan boradigan kimyoviy reaksiyalar.                                                                                                                                                    |
| <b>Qaytarilish</b>                          | Atom, molekula yoki ionning elektronlarni biriktirib olish jarayoni.                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Qaytaruvchi</b>                          | Elektronlarni beradigan atom, molekula yoki ionlar.                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Elektr toki</b>                          | Zaryadlangan zarrachalarning tartibli harakati.                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Galvanik element</b>                     | Elektr energiyasini kimyoviy energiyaga, yoki kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantiradigan qurilma.                                                                                                                                                                      |
| <b>Katod</b>                                | Elektroliyzorning manfiy qutbi.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Anod</b>                                 | Elektroliyzorning musbat qutbi.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Elektroliz</b>                           | Elektrolit eritmasi yoki suyuqlanmasidan o'zgarmas tok o'tganda sodir bo'ladigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi.                                                                                                                                                               |
| <b>Elektrod</b>                             | Elektrolitga botirilgan metall yoki yarim o'tkazgich.                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Elektron potensial</b>                   | Qo'sh elektr qavatda paydo bo'ladigan musbat va manfiy zaryadlar potentsiallar farqi.                                                                                                                                                                                              |
| <b>Korroziya</b>                            | Metallarning yemirilishi.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Standart elektrod</b>                    | Potensial tashqi muhitga va boshqa ta'sirlar natijasida o'zgarmaydigan elektrod (kalomel elektrod).                                                                                                                                                                                |

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov I.A. "O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va kafolatlari"– T: O'zbekiston. 1997.
2. Karimov I.A. "O'zbekistonning siyosiy-ijtimoiy va iqtisodiy istiqbolining asosiy tamoyillari"– T: O'zbekiston. 1997.
3. Karimov I.A. "Yuksak malakali mutaxassislar taraqqiyot omili".– T: O'zbekiston. 1995.
4. Karimov I.A. "Barkamol avlod O'zbekiston taraqqiyotining poydevori"– T: O'zbekiston. 1997.
5. Nazarov Sh. "Fizik va kolloid kimyo"–T: Mehnat. 1998.
6. Болдиров А.И. "Физическая и коллоидная химия".–М: Химия. 1983.
7. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. "Физическая химия".–М: "Высшая школа". 1988.
8. Rustamov H.R. "Fizikaviy kimyo"– T.: "O'zbekiston". 2000.
9. Nazarov Sh. "Fizik va kolloid ximiya" –T. "Mehnat" 1998.
10. Семиохин И.А. "Физическая химия" –М.: МГУ. 2001
11. Abdusamatov A., Raximov A. "Fizik va kolloid kimyo" –T.: 1992
12. Olimxo'jayeva N.T., Akbarxo'jayeva X.N. "Bioanorganik va fizikolloid kimyo"–T.:O'zbekiston -2007.
13. Karimova D.A. "Fizikaviy va kolloid kimyo" fanidan o'quv-uslubiy majmua Navoiy-2009.
14. Izbosarov B.F., Kamolov I.R. "Molekulyar fizika va termodinamika asoslari". "Yurist-media markazi".–T: 2008.

## MUNDAREJA

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| <b>SO‘Z BOSHLI.....</b> | <b>3</b> |
|-------------------------|----------|

|                                                                                |          |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>KIRISH. FIZIKAVIY KIMYO FANINING PREDMETI.<br/>MAQSADIVAVAZIFALARI.....</b> | <b>5</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|

### **I BOB. TERMODINAMIKA ASOSLARI. GAZ HOLATI TENGLAMALARI. IDEAL GAZ TUSHUNCHASI VA UNING AHAMIYATI**

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| I.1. Moddaning gaz holati.....                     | 14 |
| I.2. Gazlar aralashmasi.....                       | 21 |
| I.3. Moddaning qattiq holati.....                  | 21 |
| I.4. Moddaning suyuq holati.....                   | 26 |
| I.5. Sirt tarangligi va uni aniqlash usullari..... | 27 |
| I.6. Suyuqliklarning qovushqoqligi.....            | 29 |
| I.7. Suyuqliklarning bug‘lanishi va qaynashi.....  | 31 |
| I.8. Suv molekulasining tuzilishi.....             | 33 |

### **II BOB. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI. TER- MODINAMIK SISTEMA**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| II.1. Sistemaning Ichki energiyasi va issiqlik saqlami. Entalpya..... | 37 |
| II.2. Termodinamikaning I qonuni.....                                 | 40 |
| II.3. Termokimyo va Gess qonuni.....                                  | 42 |

### **III BOB. TERMODINAMIK JARAYONLAR**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| III.1. Erkin va bog‘langan energiya.....                     | 51 |
| III.2. Termodinamikaning II qonuni.....                      | 52 |
| III.3. Karno sikli.....                                      | 54 |
| III.4. Ikkinchi bosh qonunning asosiy tenglamasi.....        | 59 |
| III.5. Jarayonlarning yo‘nalishi va muvozanat shartlari..... | 61 |
| III.6. Turli jarayonlarda entropiyaning o‘zgarishi.....      | 64 |

### **IV BOB. GIBBS VA GELMGOLS ENERGIYASI**

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| IV .I. Termodinamik entimollik va entropiya..... | 79 |
|--------------------------------------------------|----|

## **V. BOB. FAZALAR QOIDASI VA FIZIK-KIMYOVIY TAHLIL**

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| V.1.Fazalar qoidasi.....                                     | 92  |
| V.2. Suyuqliklarning tuzilishi va fazolardagi muvozanat..... | 94  |
| V.3.Suyuqlik va bug‘ muvozanati:.....                        | 121 |
| V.4.Erish va qotish. Fizikaviy kimyoviy tahlil.....          | 123 |

## **VI. BOB. ERITMALAR**

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| VI.1.Suyultirilgan eritmalar.....                                 | 132 |
| VI.2. Raul qonuni va tatbig‘i.....                                | 134 |
| VI.3. Dispers sistemalar. Kolloid eritmalar.....                  | 140 |
| VI.4. Smotik bosim.....                                           | 142 |
| VI.5. Eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari.....           | 145 |
| VI.6.Elektrolitik dissotsiyanish nazariyasi.....                  | 148 |
| VI.7.Eritmalarning elektr o‘tkazuvchanligi.....                   | 149 |
| VI.8.Elektroliz. Faradey qonunlari.....                           | 150 |
| VI.9. Ionlarning harakatlanish tezligi va uni aniqlash usuli..... | 151 |
| VI.10. Eritmalarning elektr o‘tkazuvchanligi.....                 | 153 |
| VI.11. Ionlarning harakatlanish qonuni.....                       | 155 |
| VI.12. Suvning elektrolitik dissotsiyanishi.....                  | 159 |
| VI.13. Konduktometriya.....                                       | 162 |
| VI.14. Absorbsiya.....                                            | 164 |
| VI.15. Adsorbsiya.....                                            | 167 |

## **VII. BOB. KIMYOVIY KINETIKA VA KATALIZ**

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| VII.1. Gomogen reaksiyalar . Reaksiya tezligi.....                        | 171        |
| VII.2. Geterogen reaksiyalar kinetikasi.....                              | 173        |
| VII.3. Kimyoviy reaksiyalarning kinetik sinflanisi.....                   | 175        |
| VII.4.Zanjir reaksiyalari .....                                           | 180        |
| VII.5.Kimyoviy reaksiya tezligi konstantasining harortga bog‘liqligi..... | 182        |
| VII.6.Faollanish energiyasi katalizi.....                                 | 183        |
| VII.7.Kataliz.....                                                        | 184        |
| <b>ILOVALAR.....</b>                                                      | <b>195</b> |
| <b>TEST SAVOLLARI.....</b>                                                | <b>216</b> |
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....</b>                                     | <b>237</b> |

**Oltin Muzaffarovich Yoriyev  
Dilorom Amonovna Karimova**

# **FIZIKAVIY KIMYO**

*Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma*

**«TAFAKKUR BO'STONI»–Toshkent–2013**

|              |                          |
|--------------|--------------------------|
| Muharrir     | <b>X.Po'latxo'jayev</b>  |
| Rassom       | <b>B.O'rinova</b>        |
| Sahifalovchi | <b>Z. Shukurxo'jayev</b> |
| Musahhih     | <b>B.Tuyoqov</b>         |

Nashriyot litsenziyasi AI № 190, 10.05.2011-y  
Bosishga 02.10.2013-yilda ruxsat etildi.  
Qog'oz bichimi 60×84 1/16. Nashr tabog'i  
15,0. Shartli bosma taboq 15,5. Adadi 500  
Buyurtma №56-1

„TAFAKKUR BO'STONI” nashriyoti.  
Toshkent sh. Yunusobod tumani, 9–13.

«TAFAKKUR BO'STONI» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Toshkent sh. Chilonzor ko'chasi, 1-uy