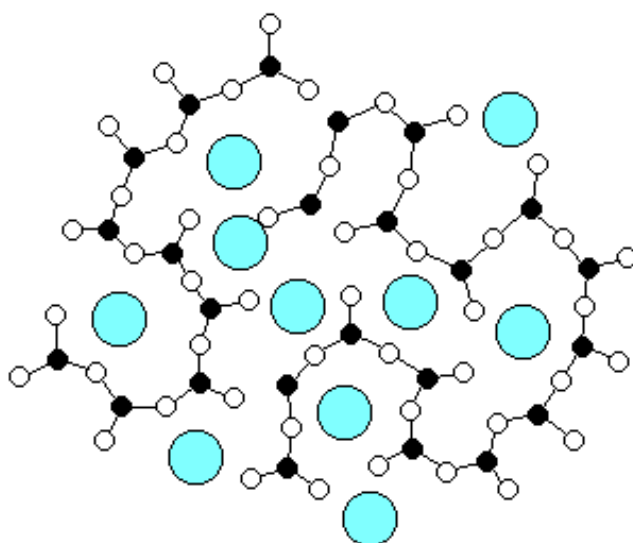


TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRLIGI

Ö .Atdaýew, M.A.Annamyrow

KOLLOID HIMIÝASY

Okuw gollanmasy



AŞGABAT – 2010

GIRIŞ

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ylym we bilim syýasatyny durmuşa geçirmekde we ýaş nesli ýokary bilimli, hünärli adamlar edip ýetişdirmekde ýokary okuw mekdepleriniň önünde uly wezipeler durýar. Sebäbi ýokary okuw mekdeplerinde dürli hünärlere degişli çuňňur bilimler berilýär.

Türkmenistanyň Prezidentiniň 2007-nji ýylyň aprel aýynyň 4-ündäki «Bilim-terbiýeçilik edaralarynyň işini kämilleşdirmek hakynda» Kararynda milli bilim ulgamyny özgertmek boýunça geçirilmeli anyk çäreler barada giňişleýin durlup geçilýär. Hormatly Prezidentimiziň aladalary netijesinde ýurdumyzyň bilim ulgamynda taryhy özgertmeler geçirilýär. Häzirki wagtda milli bilim ulgamyny mundan beýläk-de ösdürmek we dünýäniň ösen döwletleriniň derejesine çykarmak üçin ygtybarly binýat döredilýär. Bu aladalara gowy düşünýän ýaşlar öz bilimleri we başarnyklary bilen Türkmenistanyň ykdysadyýetini ýokarlandyryp, Garaşsyzlygyny we baky Bitaraplygyny has hem berkitmelidirler.

Garaşsyz, baky Bitarap Watanymyz häzirki wagtda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň parasatly syýasaty we ýadawsyz tagallalary netijesinde ylym-bilim ulgamynda we beýleki ähli ugurlarda täze galkynyş döwürini başdan geçirýär. Hormatly Prezidentimiziň Watanyň gülläp ösmeginiň hatyrasyna jan aýaman zähmet çekmäge, ýurduň maddy baýlyklaryny halkyň eşretine gulluk etdirmäge gönükdirilen parasatly we öňdengörüjilikli syýasaty netijesinde halk hojalygynyň ähli pudaklarynda ägurt uly üstünlikler gazanylýar. Bu babatda ýurdumyzyň ýerasty we ýerüsti tebig mineral baýlyklarynyň rejeli we netijeli peýdalanylyşynyň ösüşini görkezmek bolar. Sebäbi ýurdumyz mineral baýlyklaryň görnüşleri we gorlary boýunça dünýäde öňdäki orunlary eýeleýär.

§1. Üst hadysalarynyň fiziki himiýasy

Kolloid himiýasy — *üst hadysalary we dispers ulgamlar* barada ylymdyr. Ol ady mazmunyna gabat gelmeýän az sanly ylymlaryň biridir (*kolla* grekçeden *ýelim* diýen manyny berýär). Bu adyny ol entek aýratyn ylyma öwürilmänkä alan. Onuň adyny häzirki wagtda dürli ýurtlarda her hili tutýarlar: ol «Üst hadysalary», «Üst hadysalary we kolloidler» ýa-da «Üstleriň fiziki himiýasy» diýen ýaly atlar bilen bellidir.

Kolloid himiýasynyň 145 ýyl töweregi taryhy bar. 1861-nji ýylda inlis alymy Tomas Grem tarapyndan kolloid ulgamlar yzygider öwrenilip başlanan. Şol ýyl hem kolloid himiýanyň ylym hökmünde dörän ýyly diýip hasap edilýär. Grem özünden öň geçirilen barlag işleri we kesgitlemeleri umumylaşdyran we «kolloid» diýen düşünjani girizen alym. Krahmal grekçe «kolla», ýagny ýelim. Krahmal erginleri — kolloid erginler. Olar sowadylanda kristallaşmaýarlar, diňe irilenýärler, ýagny koagulirlenýärler. T.Grem dürli maddalaryň haýwan ýargaklaryndan

diffuizatsiýanyň tizligini öwrenip, maddalaryň biriniň — çalt diffundirlenýäniniň ýeňil kristallaşýandygyny, şol bir wagtda beýlekileriniň ýargakdan (perdeden) geçmeýändigini we kristallaşmaýandygyny görýär. Şonuň üçin hem ol birinji maddalara kristalloidler. Ikinji maddalary bolsa kolloidler diýip atlandyrýar. Kolloid diýmek — «ýelime meňzeş» diýmegi aňladýar. Kristalloidler (gant, nahar duzy we beýlekiler) eredilende hakyky erginleri, kolloidler (ýelim, kazein, kremnili kislota, berlin göklügi, kükürt, altyn we beýlekiler) bolsa, koloid erginleri emele getirýär. Şol bir maddanyň şertlere baglylykda hem kristalloidiň, hem kolloidiň häsiýetlerini ýüze çykarýar. Meselem, nahar duzy — adaty şertlerde nusgawy kristalloid, benzolda eredilende kolloid erginini emele getirýär, suwda kolloid erginini emele getirýän sabyn bolsa, — spirt ergininiň häsiýetlerini ýüze çykarýar. Diýmek, maddalary kristalloidlere we kolloidlere esas ýok, elbetde, maddalaryň kristalloid we kolloid ýagdaýlary barada aýdylsa dogry bolar.

Üst hadysalaryna fazalaryň bölünme araçäginde, faza ara üst gatlagynda bolup geçýän we utgaşýan fazalaryň özara täsiriniň netijesinde ýüze çykyan prosesler degişlidirler. Her bir jisim üst bilen çäklendirilýär, şonuň üçin hem islendik ölçegli jisim kolloid himiýanyň öwrenýän obýekti bolup biler. Emma üsti has giňiş bolan jisimlerde üst hadysalarynyň güýçli ýüze çykyanlygyny durmuş görkezýär. Bu jisimleriň örän giňiş üstleri olara täze wajyp häsiýetleri berýärler. Şeýle jisimlere, mysal üçin, üst gatlaklar, plýonkalar, sapaklar, kapillýarlar, uşajyk bölejikler degişlidirler. Bulara, umuman, *dispersler* diýilýär. Şol dispersleriň toplumu özleriniň ýaýran gurşawy bilen bilelikde *dispers ulgamy* emele getirýär. Dispers ulgamlar kolloid himiýanyň öwrenýän nusgawy, hem-de has çylşyrymly obýektleridir, sebäbi bu ulgamlaryň aýratyn göwrümleýin häsiýetlerini formirleýän üst hadysalarynyň ähli köpdürlüligi olarda ýüze çykarylýar. Bizi gurşap alýan ähli real jisimleriň aglabasy hut şeýle ulgamlardyr. Bu ýerden üst hadysalary we dispers ulgamlar baradaky ylmy real jisimleriň fizikasy we himiýasy diýip atlandyrmaga ähli esaslar gelip çykýar. Adatça, ähli jisimler — dolduryjydan we suspenziýa, pasta, emulsiýa, köpürjik, tozan we ş.m.-ler görnüşdäki berkidijiden ybarat bolan polikristtalliki, süýüm şekilli, gatlakly, öýjükli, ürgün maddalardyr. Toprak, ösümlik we janly dünýäniň jisimleri, bulut we ümür, önümçiligiň köp sanly önümleri, şol sanda gurluşyk materiallar, metallar, polimerler, kagyz, deri, mata, iýmit önümleri — bularyň hemmesi dispers ulgamlardyr. Kolloid himiýada olaryň aýratyn häsiýetleri öwrenilýär.

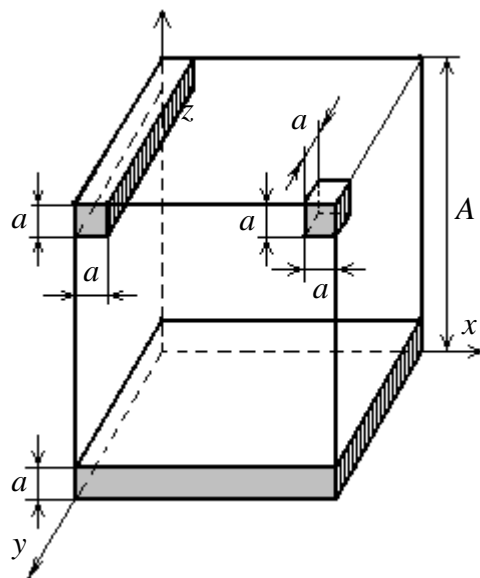
Kolloid himiýanyň obýektleri üçin iki sany umumy alamat mahsus bolýar: *heterogenlik* we *disperslik*. Obýektleriň häsiýetleriniň hemme aýratynlyklary şol iki alamatyň netijesi bolýar.

Geterogenlik (köp fazalylyk) faza ara üstüň we üst gatlagyň barlygynyň alamaty bolýar.

Disperslik (öwnuklylyk, ownuk bolmak) — jisimiň üç ugra bolan ölçegleri bilen kesgitlenýär. Jisimleriň dispersligi dürli-dürli görnüşde (formada) bolup bilýär: sfera (togalak), silindir, gönüburçlyk, köplenç dogry däl forma.

Suratda sada we düşnükli bolar ýaly kubuň ölçegleriniň, onuň üç ok boýunça kiçelmesinde dispersiň emele gelmesi görkezilen: Kubuň kiçelmesiniň hasabyna dispersiň emele gelişinde şeýle ýagdaýlar bolup bilýär: ölçegleriň diňe bir ugra kiçelmesiniň netijesinde plýonka ýa-da üst gatlak, iki ugra kiçelmesinde sapak ýa-da kapilýar, ahyrynda, hemme, üç ugra kiçelende uşajyk bölejikleriň emele gelmegine getirýär. Şonda ownuklylyk jisimiň möçberiniň haýsy okuň ugruna kiçelendigi bilen, ýagny iň kiçi ölçeg (a) boýunça kesgitlenýär. Öwnuklylyk, adatça ölçege ters ululyk $1/a$ bilen häsiýetlendirilýär we disperslik diýilýär. Öwnuklylygyň ýene bir häsiýetnamasy, onuň udel üsti (s_{ud}). Ol faza ara üstüň s meýdanynyň jisimiň V göwrümüne (s/V) gatnaşygy ýaly kesgitlenýär.

Bu ýerde a ýa sferiki ýa-da süýümlü bölejikleriň diametrine ýa-da kubiki bölejikleriň gapyrgasynyň uzynlygyna, ýa-da plýonkalaryň galyňlygyna deňdir. 1-nji suratda sada we düşnükli bolar ýaly kubuň ölçegleriniň, onuň üç ok boýunça kiçelmesinde dispersiň emele gelmegi görkezilen: Kubuň kiçelmesiniň hasabyna dispersiň emele gelişinde şeýle ýagdaýlar bolup bilýär: ölçegleriň diňe bir ugra kiçelmesiniň netijesinde plýonka ýa-da üst gatlak, iki ugra kiçelmesinde sapak ýa-da kapilýar, ahyrynda, hemme, üç ugra kiçelende uşajyk bölejikleriň emele gelmegine getirýär. Şonda ownuklylyk jisimiň möçberiniň haýsy okuň ugruna kiçelendigi bilen, ýagny iň kiçi ölçeg (a) boýunça kesgitlenýär.



1-nji surat. Jisimiň üç koordinata oklar boýunça ölçeglerine baglylykda dispersleriň formalary

§2. Kolloid himiýasynyň ähmiýeti

Disperslik — kolloid himiýanyň obýektleriniň möhüm alamatydyr. Ol dispers ulgamyň diňe aýratyn böleklerini däl - de, eýsem onuň özüne, tutuşlygyna täze häsiýetleri berýär. Dispersligiň ýokarlanmagy bilen ulgamda üst hadysalaryň roly ulalýar. Emma geterogenlik has uniwersal alamat bolup, kolloid himiýanyň obýekti barada giňişleýin netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Disperslik bolsa geterogenliksiz berlen obýektiň kolloid himiýa degişlidigini kesgitläp bilemeýär. Mysal üçin, hakyky erginler eredilen maddanyň eredijidäki dispersiýasydyr, emma kolloid ulgam dälidir.

Şeýlelikde kolloid himiýanyň iki sany esasy alamatlary barada pikir alyşylanda dispersligiň öwnuklylyk derejesini we faza ara üstüň möçberini görkezýän mukdar parametr digine üns bermeli; geterogenlik bolsa ilkinji nobatda obýektleriň hil hasiýetnamasyny görkezýär. Kolloid himiýanyň obýektleri beýleki ylmlaryň obýektlerinden hil tarapdan geterogenligi, ýagny faza ara üstün barlygy bilen tapawutlanýar.

Disperslik şol üstüň sanyny kesgitleýär. Eger-de geterogenlik bar bolsa-disperslik hem bar (ýokary hem, pes hem bolup biler), obýekt kolloid himiýa degişlidir.

Kolloid himiýanyň obýektlerini energiýanyň kesgitli görnüşleri bilen hem häsiýetlendirip bolýar. Geterogenlik, ýa-da faza ara üstüň bolmagy, üst dartylmanyň bolmagyny şertlendirýär. Üst dartyлма geterogenlik derejesini kesgitleýär. Geterogenlik näçe güýçli ýüze çykýan bolsa, we galtaşýan fazalar tebigaty boýunça näçe güýçli tapawutlanýan bolsalar, şonça-da üst dartyлма uly bolýar. Geterogenlik bolmasa, üst dartyлма hem ýokdyr. Ikinji alamat — disperslik üstüň möçberi we meýdany bilen kesgitlenýär. Üst dartyлmanyň (δ) üstüň meýdanyna (s) bolan köpeltmek hasyly üst energiýany berýär:

$$G_s = \delta \cdot s.$$

Şeýlelikde, kolloid himiýanyň obýektleri üst energiýa (G_s) eýedirler.

Maddalaryň erginlerde diffuziýasyny öwrenip, Grem bölejikleriň diffuziýasynyň kolloid erginlerde haýaldygyny we olaryň hakyky erginleriň molekulalaryndan tapawutlylykda membranadan geçip bilmeýändigini belläpdir. Ol maddalary kolloid ýagdaýda almaklygyny usullaryny hödürleýdir, hem-de kesgitli şertlerde eremeýän maddalary daşky alamatlary boýunça tapawutlanmaýan diýen ýaly ergin (zol) ýagdaýa geçirip boljakdygyny görkezýdir.

Adaty erginleri zollar bilen deňeşdirip, Grem maddalary «kristalloidlere» we «kolloidlere» bölmegini zerurlygy barada netija gelipdir.

Durmuşymyza häli-şindi duşýan maddalaryň we materiallaryň hemmesi diýen ýaly kolloid himiýanyň öwrenýän obýektidigini bellemek gerek. Kolloid himiki usullar senagatyň hemme pudaklarynda diýen ýaly ulanylýar, esasan hem azyk, deri, dokma, emeli süýüm, derman, gurluşyk materiallary we beýleki önümçiliklerde.

Himiýa tilsimaty üçin kolloid himiýa örän uly rol oýnaýar. Hakykatdan-da himiýa tilsimatynyň hemme pudaklarynda diýen ýaly ist hadysalary we dispers ulgamlar kesgitleýji ähmiýete eýedir. Mysal üçin, çig mal we aralyk önümleri öwratma, olary baýlaşdyrma, şol sanda flotasiýa, goýulama, çökdürme we süzme, kondensasiýa, kristallaşma prosesleri we umuman täze fazanyň emele gelmeşi- bu prosesleriň hemmesi dispers ulgamlarda geçýärler. Şonda kolloid himiýa dersinde garalýan ölleme, kapilýarlyk, adsorbsiýa, sedimentasiýa, koagulyýasiýa ýaly hadysalar örän uly rol oýnaýar.

Himiýa tilsimatynda adsorbentleriň we katalizatorlaryň rolynyň örän ulydygy bellidir. Olar gaty dispers gurşawy bolan disper ulgamlardyr.

Hemme geterogen prosesleri himiýa tilsimatynda zerur bolan ýokary tizlikde geçirmek üçin fazalar has giňiş kontaktda bolar ýaly şertler döredýär. Beýle diýildiği ulgamlar reaksiýa enjamlarynda suspenziýa, pasta, pulpa, emulsiýa, köpürjik, tozan, ümür we ş.m. ýagdaýynda bolýandyklaryny aňladýar.

Häzirki zamanda önümçilikleriň köpüsünde disperslik maddalaryň we materiallaryň esasy tilsimat parametrleriniň biri bolup hyzmat edýär. Ony kesgitlemegiň dürli usullary bar. Sedimentasiýa usuly dispersligi anali tiklemeginiň iň sada we giňden ýaýranydyr.

Bu usulda adatça suwuk gurşawda bölejikleriň çökme tizligi ölçenýär. Alynýan maglumatlar boýunça bolejikleriň möçberini hasaplaýarlar. Bu usul bolejikleri ölçegleri boýunça tertipleşdirmäge, we deňşililikde olaryň udel üstüni hasaplamaga mümkinçilik berýär. Dispersligiň sedimentasiýa usulyny mikroheterogen we käbir iri dispers ulgamlary üçin grawitasiýa meýdanynda ulanyp bolýar.

Bu usul $10^{-5} \div 10^{-2}$ cm aralygynda dispersligi kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Olar senagatyň dürli ýerlerinde mähüm we giňden ýaýran dispers ulgamlar bolan suspenziýalar, emulsiýalar, külkelerdir (poroşoklardyr).

Üst hadysalary we dispers ulgamlary baradaky ylym kesgitli häsiýetleri bolan täze materiallary almaklygyň teoriýa tarandan esasy bolup durýar: mysal üçin, keramika, sement, splaw, sorbent, katalizator we başgalar.

○ **Käbir adalgalar:**

- **Sorbsiýa** (latynçadan - siňdirýarin) - gaty jisimleriň ýa-da suwuklyklaryň gazlary, buglary ýa-da ergindäki maddaly siňdirmesi;
- **Adsorbsiýa** (latynçadan «ad» — üstde) — erän ýa-da gaz görnüşli maddalaryň gaty jisimiň ýa-da suwuklygyň üstünde siňdirilmesi;
- **Absorbsiýa** — suwuklaryň ýa-da gaty jisimleriň maddalary siňdirmesi (eretmesi). Adsorbsiýadan tapawutlylykda maddalaryň siňdirilmesi siňdirijiniň tutuş göwrümünde geçýär: madda siňdirijide ereýär ýa-da onuň bilen özara täsir edişýär (hemosorbsiýa).
- **Flotasiýa** (fransuz sözi) — gazylyp alynýan peýdaly magdanlary baýlaşdyrmagyň usuly. Ol magdanyň peýdaly bölejikleriniň we gereksiz jynsyň üstleriniň fiziki-himiki häsiýetleriniň tapawudyna (öllenmek häsiýetlerine) esaslanýar. Bu usul reňkli metallurgiýada, kömri baýlaşdyrmakda, himiýa senagatynda duzlary bolmek üçin, azyk senagatynda we başga ýerlerde ulanylýar.
- **Sedimentasiýa** (latynçadan — çökme) — agyrlýk güýjiniň täsiri bilen suwuklykdaky üşajyk gaty jisimleriň çökmesi. Bu usul tehnikada poroşoklar toparlara bölünende we gazylyp alynýan peýdaly magdanlary baýlaşdyrmakda ulanylýar.
- **Koagulyasiýa** (latynçadan-göýulanma) — ilişme güýçleriniň täsiri bilen dispers ulgamlarda üşak bölejikleriň birikmesi, irilenmesi. Netijede kolloid erginden peşşik (dykyz däl) çökündi çökýär ýa-da ergin suwuklygy siňdirip, tutuşlygyna goýulanýar,
- **Suspenziýa** (latynçadan — aslyşmak) — suwuk dispers gurşawda gaty faza ýaýran ulgam. Mysal üçin, bulanyk laý suwynda gaty bolejikler suwuklykda aslyşyp (asylan ýagdaýda) durýarlar. Goýy suspenziýalara pasta, pulpa diýilýär.

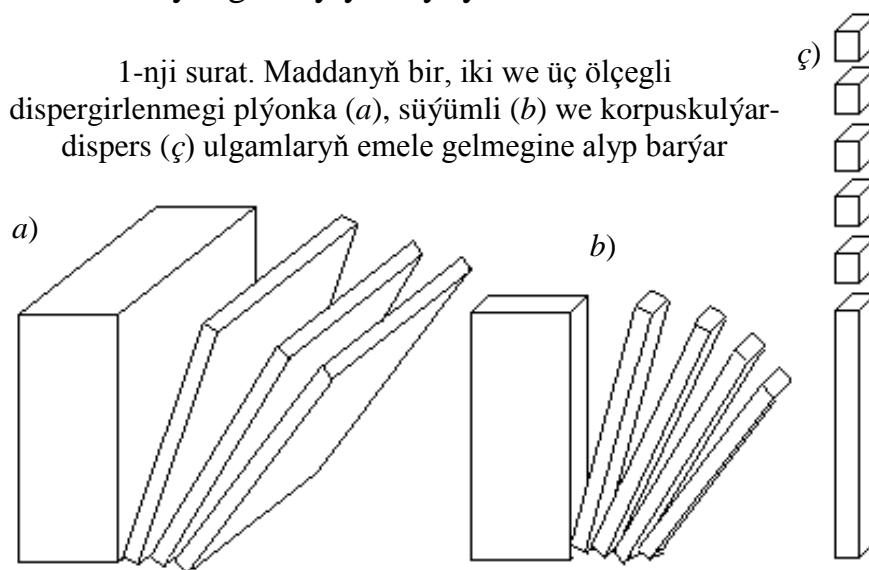
I. DISPERS ULGAMLAR. KOLLOIDLER

§1.1. Maddanyň dispers ýagdaýy. Dispers ulgamlar

Islendik maddanyň, meselem, gandyň ýa-da natriý hloridiniň kristallaaryny dürli ölçegde — iri we ownuk görnüşde almak bolýar. Kristallaryň ölçegi nähili bolsa-da, olaryň ählisiniň berlen madda üçin birmeňzeş içki gurluş-struktura — molekulýar ýa-da ion kristalliki gözenege eýedir.

Gandyň we natriý hloridiniň kristallary suwda eredilende degişlilikde molekulýar we ion erginler emele gelyärler. Şeýlelikde, şol bir madda ownuklylygyň dürli derejesinde: makroskopiki görünýän bölejikler ($>0,2 \div 0,1$ mm, adam gözünüň görüp bilijilik ukyby), mikroskopiki görünýän bölejikler ($0,2 \div 0,1$ mm-den $400 \div 300$ nm, ak ýagtylyk bilen ýagtylandyrylanda mikroskopyň görkezip bilijilik ukyby) görnüşinde we molekulýar (ýa-da ion) ýagdaýynda bolup biler.

Haýsy hem bolsa bir maddanyň kubjagazyny onuň tekizlikleriniň parallel kesişdirip, alnan plastinajagazlary taýajyklara, olary bolsa, — kubjagazlara bölüşdirdik diýip, göz önüne getireliň (2-nji surat). Maddanyň şeýle dispersgirlenmegiň (uşadylmagyň) netijesinde plýonka, süýüm görnüşli we korpuskulýar-dispers (owradylan) ulgamlar alynýar. Eger-de plýonkalaryň galyňlygy, süýümleriň we bölejikleriň (korpuskullaryň) kese kesiginiň ölçegi optiki mikroskopyň görkezip bilijilik ukybyndan kiçi bolsa, onda olary onuň kömegi bilen ýüze çykaryp bolmaýar. Optiki mikroskopda görünmeýän şeýle bölejiklere **k o l l o i d b ö l e j i k l e r**, bölejikleriniň $400 \div 300$ nm-den 1 nm-e çenli ölçegi bolan maddanyň owradylan (dispersgirlenen) ýagdaýyna bolsa, — maddanyň **k o l l o i d ý a g d a ý y** diýilýär.



Dispers (ownadylan) ulgamlar geterogen ulgamlar bolup durýarlar. Olar tutuşlýyn üznüksiz fazadan — **d i p e r s l e ý i n g u r ş a w d a n** (sredadan) we şol gurşawda saklanýan ol ýa-da beýleki ölçegi we formasy bolan owradylan bölejiklerden — **d i s p e r s f a z a d a n** ybaratdyrlar.

Üst hadysalaryna fazalar araçäginde geçýän prosesler degişlidir. Her bir jisim üst bilen çäklenýänligi sebäpli, islendik ölçegli jisim kolloid himiýanyň öwrenýän obýekti bolup biler. Emma üsti has giňiş bolan jisimlerde üst hadysalarynyň güýçli ýüze çykýanlygyny durmuş görkezýär. Olar ýaly jisimlere mysal üçin, üst gatlaklar, plýonkalar, sapaklar, kapilýarlar, uşajyk bölejikler degişlidirler. Bulara, umuman, *d i s p e r s l e r* diýilýär. Şol dispersleriň toplumy özleriniň ýaýran gurşawy bilen bilelikde *d i s p e r s u l g a m y* emele getirýär. Dispers ulgamlar kolloid himiýanyň öwrenýän esasy, hem-de has çylşyrymly obýektleridir. Toprak, ösümlik, janly dünýäniň jisimleri, bulut we ümür, önümçiligiň köp sanly önümleri, şol sanda gurluşyk materiallar, metallar, polimerler, kagyz, deri, iýmit önümleri - bularyň hemmesi kolloid himiýada öwrenilýän dispers ulgamlardyr.

Dispers ulgamlar dispers fazanyň ululygy (ownuklylygy) boýunça *u l t r a m i k r o g e t e r o g e n* (bölejikleriniň moçberi 10^{-7} cm-den 10^{-5} cm-e çenli)*, *m i k r o g e t e r o g e n* (10^{-5} cm-den 10^{-3} cm-e çenli) we *i r i g e t e r o g e n* ($> 10^{-3}$ cm) görnüşlere bölünýär.

Ultramikroheterogen ulgamlaryň şeýle atlandyrylmagynyň sebäbi, bu sistemalarda fazalaryň bölünme araçäginde optiki mikroskop arkaly ýüze çykaryp bolmaýar. Olar, adaty, *k o l l o i d u l g a m l a r* diýlip atlandyrylýarlar. Sebäbi, ilki başda şolar kolloid himiýanyň öwrenýän obýektleri hasap edilipdir. Häzirki wagtda bolsa «kolloid» diýen adalga «umumy görnüşde» hemme dispers ulgamlar üçin ulanylýar. Emma şol bir wagtda ultramikroheterogen ulgamlar üçin «zollar» diýen at galypdyr. (latynçadan «ergin» diýildigi bolýar). Mysal üçin, aërozollar, gidrozollar.

Mikroheterogen ulgamlar diýlip atlandyrylmagynyň sebäbi, tutuşlaýyn fazaly heterogen ulgamlardan tapawutlylykda, olarda dispers (üzüksiz) faza uly bolmadyk aýratyn bölejiklerden ybarat bolýar. Bu ulgamlara suspensialar, emmesiýalar, köpürjikler, poroşoklar degişlidirler. Iri dispers ulgamlaryň hataryna bolsa, gaty-gaz ulgamlardan çäge, öwnuk daşlar we beýlekiler girýärler.

Haçanda madda, ýagny dispers fazanyň bölejikleri bilen dispers gurşawyň bölejikleri gurşap alýan daş-töwerekde molekula, atom, ion ýagdaýda bolsa, onda şeýle dispers ulgamlara (erginlere) *h a k y k y e r g i n l e r*, ýagny bir fazaly gomogen erginler diýilýär (bölejikleriniň ölçegi 10^{-8} cm-den 10^{-7} cm-e çenli baryp ýetýär). Bu ulgamlarda heterogenlik ýok. Şol sebäpli olar agregatiw durumly bolýarlar, kagyz süzgüçden-de, janly organizmleriň dokumalaryndan hem erkin geçýärler.

Görnüşi ýaly bu ulgamlary häsiýetlendirmek üçin örän kiçi ölçegler bilen iş salyşylýar. Bular ýaly ululyklaryň atlandyrylyşy we ýazylyşy 1-nji tablisada berildi.

1-nji tablisa

* Kolloid himiýasy dersinde kiçi ululyklar bilen iş salyşylýar. SI birlikler ulgamynda: 1 m (metr) = 10^2 cm (santimetr) = 10^3 mm (millimetr) = 10^6 μ m (mikrometr) = 10^9 nm (nanometr) bolýandygyny ýatladýarys. Beýleki köp ulanylýan birlikler — μ (mikron) we m μ (millimikron) bolup durýar. Şunlukda: 1 cm = 10 mm = 10^4 μ = 10^7 m μ .

Şeýlelikde: 1 nm = 10^{-9} m = 10^{-7} cm = 1m μ ; 1 m μ = 10^{-6} m = 10^{-4} cm = 1 μ .

Birlikleriň onlarça esselerini we üleşlerini hem-de olaryň atlaryny emele getirmek üçin köpeldijiler we goşulmalar

Köpeldiji	Goşulma	Goşulmanyň belgisi	
		halkara	rusça
10^3	kilo	k	к
10^1	deka	da	да
10^{-1}	desi	d	д
10^{-2}	santi	c ^{1*}	с
10^{-3}	milli	m	м
10^{-6}	mikro	μ	МК
10^{-9}	nano	n	н

Kolloid himiýasynyň obýektleri üçin iki sany umumy alamatyň: g e t e r o g e n l i g i ñ we d i s p e r s l i g i ñ mahsusdygy hem-de obýektleriň häsiýetleriniň hemme aýratynlyklarynyň şol iki alamatyň netijesi bolýandygy barada aýdyp geçipdik.

Belläp geçişimiz ýaly, maddanyň dispersliginiň (ownuklygynyň) mukdar taýdan häsiýetnamasy disperslilik derejesi (ownuklyk derejesi, D), ýagny ownuklyk, adatça dispers bölejikleriň (a) ölçegine ters ululyk:

$$D = \frac{1}{a}$$

bilen häsiýetlendirilýär. Oña d i s p e r s l i k hem diýilýär.

Disperslik derejesi D san taýdan bir santimetriň uzaboýuna bir hatara (ýa-da üsti-üstüne goýlan plýonkalara) jebis ýerleşdirilen bölejikleriň sanyna deňdir. 2-nji tablisada maddanyň dürli ownuklylygy bolan ulgamlarynyň bölejikleriniň ölçegleriniň şertleýin kabul edilen araçäkleri getirildi.

2-nji tablisa

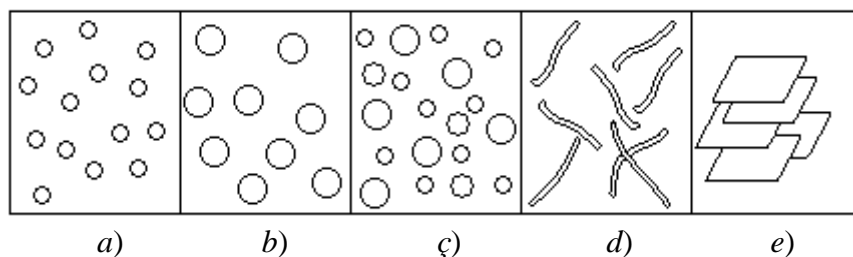
Korpuskulýar-dispers ulgamlaryň disperslik derejesi boýunça klaslara bölünişi

Ulgamlar	Maddanyň ownuklygy	Bölejikleriň kese kesigi, cm	Disperslilik derejesi D , cm ⁻¹	Bir bölejikdäki atomlaryň sany
Iri dispers	Makroskopiki	$1 \div 10^{-2}$	$1 \div 10^2$	$> 10^{18}$
	Mikroskopiki	$10^{-2} \div 10^{-5}$	$10^2 \div 10^5$	$> 10^9$
Predel-ýokary dispers	Kolloid	$10^{-5} \div 10^{-7}$	$10^5 \div 10^7$	$10^9 \div 10^3$
Molekulýar we ion	Molekulýar we ion	$10^{-7} \div 10^{-8}$	$> 10^7$	$< 10^3$

Eger-de dispersleýin fazanyň ähli bölejikleri birmeňzeş ölçegde bolsa, onda şeýle ulgamlar m o n o d i s p e r s ulgamlar (3-nji a we b surat) diýilýär.

*) Metriň ýüzden bir üleşini görkezýän santi goşulmanyň halkara belgisiniň «с» bolýandygyna üns bermeli. Mysal üçin, 200 santimetr, 25 kwadrat santimetr, kub santimetrdä 1,5 gram ýalylar degişlilikde 200 cm, 25 cm² we 1,5 g/cm³ bolýar.

Dispersleýin fazanyň birmeňzeş däl ölçegli bölejikleri polidispers ulgamlary (3-nji ç surat) emele getirýärler.



3-nji surat. Erkin dispers ulgamlar: korpuskulýar (a - ç),
süýümlü (d) we plýonkaly-dispers (e) ulgamlar;
a, b – monodispers, ç – polidispers ulgam

Dispersligiň ýokarlanmagy bilen maddanyň atomlarynyň, olaryň dispersleýin fazanyň bölejikleriniň göwrüminiň içindäki sany bilen deňeşdirilendäki gitdigiçe barha köpelyän sany üst gatlakda, fazalaryň bölünme araçäginde ýerleşýärler. Üst bilen göwrümiň arasyndaky gatnaşygy ownuklylygyň ýene bir häsiýetnamasy bolan udel üst s_{ud} häsiýetlendirýär. Ol faza ara üstüň (s) meýdanynyň jisimiň (V) göwrümüne gatnaşygy ýaly kesgitlenilýär:

$$s_{ud} = \frac{s}{V}.$$

sferiki formalý bölejikler üçin

$$s_{ud} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{d};$$

kubjagazlar görnüşli bölejikler üçin

$$s_{ud} = \frac{6 \cdot l^2}{l^3} = \frac{6}{l},$$

bu ýerde r – şaryň radiusy; d – onuň diametri; l – kubuň gapyrgasynyň uzynlygy.

Şeýlelikde, mikron ölçegli kubjagazlara çenli ownadylan maddanyň udel üsti $6 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$ -e barabardyr. Şunlukda 1 cm^3 -den jemleýin üsti ($s = s_{ud} \cdot V$) $6 \cdot 10^4 \text{ cm}^2$ (6 m^2) bolan mikron ölçegli 10^{12} kubjagazlar emele gelýärler. Maddanyň 1 cm^3 -niň soňraky kolloid disperslilikli, meselem, gapyrgasynyň uzynlygy $1 = 10^{-6} \text{ cm}$ (10 nm) bolan kubjagazlara çenli owradylmagynda olaryň sany 10^{18} bölejige çenli baryp ýetýär; umumy üsti — $6 \cdot 10^6 \text{ cm}^2$ (600 m^2), udel üsti bolsa, — $6 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-1}$ -e barabardyr.

Diýmek, maddanyň disperliliginiň ýokarlanmagy bilen onuň üst hadysalary arkaly, ýagny faza ara üstde bolup geçýän prosesleriň jemi bilen kesgitlenilýän bahalary barha uly ähmiýete eýe bolýarlar. Şeýlelikde, dispers ulgamlarynyň özboluşlylygy dispers fazanyň uly udel üsti we dispers fazanyň hem-de dispersleýin gurşawyň fazalaryň bölünme araçägindäki özara fiziki-himiki täsirleşmesi arkaly kesgitlenilýär.

Dispers ulgamlary almagyň hökmany şerti dispergirlenýän maddanyň we dispersleýin gurşawyň özara eremezlikleridir. Meselem, gandyň ýa-da natriý

hloridiniň suwda kolloiod erginini alyp bolmaýar, ýöne kerosinde ýa-da benzolda alyp bolar, çünki olarda bu maddalar ermeýär diýen ýalydyr.

Dispers ulgamlar dispersliligi, dispers fazanyň we dispersleýin gurşawyň agregat haly, olaryň arasyndaky özara täsiriň intensiwligi (depgini), dispers ulgamlardaky gurluş-strukturalaryň ýoklugy ýa-da emele gelmegi boýunça klaslara bölünýärler (2-nji tablisa).

Dispers ulgamlar bolan iri-dispers, kolloid-dispers we molekulýar dispers ulgamlar özaara öwrülişik boýunça baglanyşykda bolýarlar. Hakyky erginden kolloid ergin alyp bolýar, soňra ony iri-dispers ulgama öwürüp bolýar. Şonuň ýaly-da ters öwrülişikleri amal edip, iri-dispers ulgamdan kolloid ergine, ondan bolsa hakyky ergine geçip bolýar.

§1.2. Dispers ulgamlaryň toparlara bölünilişi

Dispers ulgamlarynyň köpdürliligi olary emele getirýän fazalar üç agregat ýagdaýlaryň islendiginde bolup bilýändigini bilen şertlendirilýär. Dispers ulgamlaryň toparlara bölünmegi, umuman, dispers fazanyň we dispers gurşawyň agregat hallaryndaky tapawuda esaslanýar. Üç sany agregat ýagdaý (gaty, suwuk we gaz) dispers ulgamlary dokuz topara bölmäge mümkinçilik berýär. Dispers ulgamlaryň agregat haly gysgaça shema görnüşinde bellemek üçin şertleýin drob görnüşde ýazyp, onuň sanawjysynda G (gaz), S (suwuklyk) ýa-da Gt (gaty) harplar arkaly dispersleýin gurşawyň agregat ýagdaýy, maýdalawjysynda bolsa, dispers fazanyň agregat ýagdaýy gözkeziýär. Mysal üçin, Gt/S belgi bilen gaty dispers fazadan we suwuk dispers gurşawdan ybarat bolan (gaty bölejikleri suwuklykda ýaýran) ulgam (3-nji tablisa seret) görkezilýär.

3-nji tablisa

Fazalaryň agregat ýagdaýlary boýunça dispers ulgamlaryň toparlary

Dispers gurşaw	Dispers faza	Şertleýin bellik	Ulgamyň ady we mysallar
Gaty	Gaty	Gt/Gt	Gaty geterogen ulgamlar: minerallar, splawlar, beton.
	Suwuk	S/Gt	Kapilýar ulgamlar: öýjükli jisimlerde suwuklyk, erginlerde adsorbentler, toprak.
	Gaz görnüşli	G/Gt	Öýjükli jisimler: gazlarda adsorbentler we katalizatorlar.
Suwuk	Gaty	Gt/S	Suspenziýalar we zollar: senagat suspenziýalary, pulpalar, pastalar, laý.
	Suwuk	S/S	Emulsiýa: tebigy nebit, kremler, süýt.
	Gaz görnüşli	G/S	Gaz emulsiýalar we köpürjikler: ýangyna garşy ulanylýan köpürjikler, sabyň köpürjigi.
Gaz	Gaty	Gt/G	Aerozollar (tozanlar, tüsseler), poroşoklar.
	Suwuk	S/G	Aerozillar (duman, ümür, senagat bulutlary)
	Gaz görnüşli	G/G	Kolloid ulgamlar ýok.

Gaz görnüşli dispersleýin gurşawly dispers ulgamlara **a e r o z o l l a r** diýilýär. Olar alnys usullary boýunça dispergirlenenlere, ýagny maddanyň öwradylmagynyň we tozadylmagynyň netijesinde emele gelenlere, doýgun bugdan kondensirlenenlere we gaz fazada geçýän reaksiýalaryň netijesinde emele gelýänlere bölünýärler. Dispers fazasynyň bölejikleriniň ölçegleri boýunça aerozollary ümüre (suwuk dispers fazaly, bölejikleriniň möçberi $10 \div 0,1 \mu\text{m}$), tozana (bölejikleriniň möçberi $> 10 \mu\text{m}$ bolan gaty dispers fazaly) we tüssä (gaty bölejikler, möçberi $10 \div 0,001 \mu\text{m}$) bölýärlar. Nusgawy görnüşdäki (tipiki) aerozollara duman (bölejikleriniň möçberi $0,5 \mu\text{m}$ bolan suw dispers faza), ýangyçlar ýakylanda emele gelýän tüsse ($0,1 \div 100 \mu\text{m}$), ýagyş buludy ($10 \div 100 \mu\text{m}$) degişlidir. Diýmek, **ü m ü r** — suwuk dispers fazaly aerozoldyr (G/S), **t o z a n** we **t ü s s e** bolsa, gaty dispers fazaly aerozollardyr (G/Gt); tozan maddalar dispergirlenende, tüsse bolsa, uçujy maddalaryň kondensasiýasynda emele gelýär.

K ö p ü r j i k l e r we **g a z e m u l s i ý a s y** — gaz dispers fazadan we suwuk dispers gurşawdan (G/S) ybarat bolan erkin dispers ulgamlardyr. Köpürjikler — gazyň suwuklykdaky dispersiýasydyr (S/G), üstesine-de, köpürjiklerde suwuklyk gazyň aýratyn düwmelerini bölýän ýukajyk plýonka çenli öwrülişige sezewar bolýar. Gaz emulsiýalar gaz düwmejikleriniň sähelçe mukdary suwuklykda ýaýranda emele gelýän gowşak dispers ulgamlar. Köpürjikler bolsa konsentirlenen dispers ulgamlardyr. Suwuklygyň içine uşajyk deşiklerden gaz göýberilende gaz akymy ýarylyp düwmejikleri emele getirýär. Olar köpelip köpürjikler alynýar. Gaz suwuklykda mehaniki garylanda hem köpürjik emele gelýär.

P o r o ş o k l a r a (külkelere) çeken aerozollar hökmünde garalýar. Bölejikleriniň möçberlerine baglylykda poroşoklar üçin dürli atlar kabul edilen: mysal üçin, toprak bilen iş salyşylanda çäge ($2000 \div 20 \mu\text{m}$ möçberli), tozan ($20 \div 2 \mu\text{m}$ möçberli) ýaly atlar ulanylýar. Has uçak poroşoklara pudra hem diýilýär. Senagat poroşoklarynyň bölejikleriniň möçberi olaryň ulanyljak ýeri bilen bagly bolýar. Mysal üçin, sement poroşogynda bölejikleriň möçberi önümiň mehaniki berkligine örän güýçli täsir edýär. Bölejikleriniň möçberiniň kiçilmegi bilen onuň berkligi ýokarlanýar. Sementiň belgisi (mysal üçin 500-lik), onuň gysylma (kg/sm^2) bolan çydamlylygyny görkezýär. Unuň hili hem üwelme derejesiniň ýokarlanmagy bilen gowulanýar.

E m u l s i ý a l a r — biri-birleri bilen garyşmaýan iki sany suwuklykdan emele gelen dispers ulgamlardyr, ýagny olarda bir suwuklyk ony eretmeýän suwuklykda owranan (S/S) ýagdaýda bolýar. Bularyň köpüsi mikroheterogen ulgamlara degişlidirler (bölejikleriniň möçberi $> 100 \text{ nm}$ ($0,1 \mu\text{m}$)), ol bölejikleri adaty mikroskopda hem görüp bolýar. Emulsiýa üçin damjalaryň **k o a l e s s e n z i ý a s y**, ýagny olaryň özara birleşmeleri mahsusdyr. Ýokary dispers we durnukly emulsiýany almak üçin ulgama ýörüte stabilizatorlar goşulýar; olara **e m u l g a t o r l a r** hem diýilýär.

Emulsiýadaky suwuklyklaryň haýsysynyň dispergirlenendigini, haýsysynyň bolsa dispers gurşawdygyny tapawutlandyrmak üçin polýar suwuklygy şertleýin «suw», polýar dälini bolsa «ýag» diýmeklik kabul edilen.

Dispers fazanyň konsentrasiýasyna baglylykda emulsiýalar gowşak, konsentrlenen we ýokary konsentrlenen toparlara hem bölünýärler.

S u s p e n z i ý a l a r (wzwesler) — gaty dispers fazadan we suwuk dispers gurşawdan ybarat bolan ulgamlardyr. Olara **p e s d i s p e r s u l g a m l a r** hem diýilýär. Suspenziýalaryň poroşoklar bilen käbir meňzeşlikleri, mysal üçin dispersligi, bardyr. Poroşok suwuklyk bilen garylada suspenziýa emele gelýär; suspenziýa guradylanda bolsa, ol gaýtadan poroşoga öwrülýär. Goýy suspenziýalaryň *pasta*, *pulpa*, *şlam* ýaly atlary bar. Himiýa senagatynda duzlar çökdürlende, olar eredilende, bölünip alnanda, süzülende suspenziýalar bilen iş salyşylýar. Toýunsow we hek erginleri, boýaglar, reňkler we beýlekiler hem suspenziýalardyr.

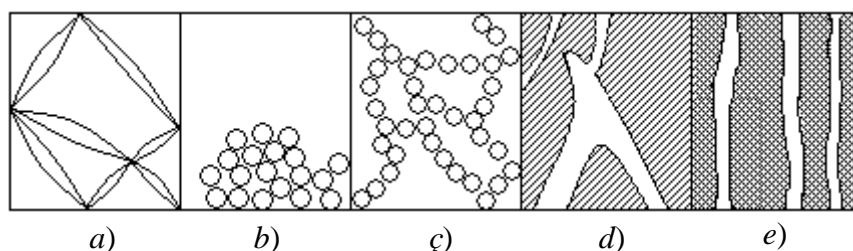
Gaty fazanyň dispersligine baglylykda suspenziýalar iri ($> 100 \mu\text{m}$), uşak ($100 \div 0,5 \mu\text{m}$) we bulanyk ($0,5 \div 0,01 \mu\text{m}$) görnüşlere bolünýärler.

Gaty bölejikleriň suwuklyklardaky predel-ýokary dispers ulgamlar **k o l l o i d e r g i n l e r**, ýa-da zollar*, köplenç dispersleýin gurşawyň suwuklykdygyny (grekçe «lios» — suwuklyk) nygtamak niýeti bilen — **l i o z o l l a r** diýlip atlandyrylýarlar.

Eger-de dispersleýin gurşaw suw bolsa, onda şeýle zollara **g i d r o z o l l a r**, organiki suwuklyk bolsa, — **o r g a n o z o l l a r** diýilýär.

§1.3. Erkin we bagly dispers ulgamlar

3-nji tablisadan görnüşi ýaly dispers fazalarynyň kinetiki häsiýetleri boýunça hemme dispers ulgamlary, dispers fazanyň bölejikleriniň arasynda özara täsiriň ýoklugyna ýa-da barlygyna baglylykda, iki görnüşe bölüp bolýar: **e r k i n d i s p e r s u l g a m l a r** (3-nji surat), olarda dispers faza hereketde bolýar; **b a g l y d i s p e r s u l g a m l a r** (4-nji a – ç surat), bularda dispers gurşaw gaty halynda bolýar, dispers fazanyň bölejikleri erkin hereket edip bilmeýärler;



4-nji surat. Baglanyşan dispers (a – ç) we kapillýar-dispers (d, e) ulgamlar: gel (a), dykyz (b) we ýumşak «şüdügär» (ç) strukturaly koagulyant

*) *Zol* termini (adalgasy) latynça «solutio» sözünden gelip çykýar. Ol ergin diýmegi aňladýar we kolloid erginleriniň geterogen ulgamlar hökmünde hakyky erginlerden düýpli tapawudy anyklanylmanka girizilipdir.

olar dispers fazanyň karkas ýa-da tor görnüşindäki gurluş-strukturanyň emele gelmegine alyp barýan galtaşmalarynda ýüze çykýarlar. Şeýle gurluş-struktura dispers ulgamyň akyjylygyny çäklendirýär we oňa öz formasyny saklama ukybyny berýär. Şuňa meňzeş strukturirlenen kolloid ulgamlaryna geller diýilýär. Zoluň durnuklylygynyň peselmegi netijesinde onuň gele geçmegine gelmeleme gelme (želatine öwürme) diýilýär. Dispers bölejikleriniň güýçli çekilip dartylan we plýonka-ýapraýklar formasy olaryň arasyndaky galtaşma ähtimallygyny ýokarlandyrýar we dispers fazanyň kiçi konsentrasiýasynda gelleriň emele gelmegine oňaly şert döredýär.

Erkin dispers ulgamlarda dispers fazanyň bölejikleri dispers gurşawda erkin hereket edip bilýarlar. Olar ýaly ulgamlary birnäçe görnüşe bolýarlar: aerozollar, poroşoklar, liozollar, suspenziýalar, emulsiýalar we köpürjikler. Olar akyjylyk häsiýetlidirler. Bu ulgamlarda dispers fazanyň bölejikleri galtaşmaýarlar, ýagny kontaktlary ýokdur; tertipsiz ýylylyk hereketine gatnaşýarlar, agyrlýk güýjüniň täsiri astynda erkin süýşýärler.

Gaty dispersleýin gurşawda gazlar, suwuklyklar ýa-da gaty jisimler dispergirlenip bilerler. Bagly dispers ulgamlar — gaty dispers gurşawda gaz, suwuklyk ýa-da gaty jisim dispergirlenende emele gelýärler.

G/Gt ulgamlara (gaty köpürjiklere) öýjükli (peno) plastlar, öýjükli betonlar, keramzit, pemza, şlak, içinde gaz düwmejikleri galan metallar we başgalar degişlidir. Çörek-bulka önümlerine hem özbolşly gaty köpürjikler hökmünde garamak bolar.

S/Gt ulgamlara mysal edip tebigy dür bolan žemçugy görkezip bolýar: ol düzüminde kolloid derejä çenli dispergirlenen suw bar bolan kaliý karbonatdyr.

Gt/Gt görnüşli dispers ulgamlaryň durmuşda uly ähmiýeti bar. Olara gurluşyk materiallary, mysal üçin, beton degişlidir. Şeýle-de käbir splawlary, reňkli aýnalary, emallary, minerallary, şol sanda käbir gymmat we ýarym gymmat bahaly saýlary görkemek bolar. Reňkli aýnalar silikat aýnasyna reňk berýän metallaryň ýa-da olaryň oksidleriniň dispergirlenmesi netijesinde emele gelýärler. Mysal üçin, rubin aýanasy düzüminde $0,01 \div 0,1$ % altyn saklaýar. Gymmat bahaly rubin daşy bolsa glinozýomda (Al_2O_3) hrom oksidi (Cr_2O_3) dispergirlenen tebigy önümdir. Emallar - SnO_2 , TiO_2 , ZrO_2 ýaly oksidler dispergirlenen silikat aýnalarydyr.

§1.3. Disperslik we jisimleriň termodinamiki häsiýetleri

Disperslik (ýa-da udel üst) ulgamyň özbaşdak termodinamiki ýagdaý parametri bolup, onuň üýtgemegi ulgamyň beýleki deňagramlylyk häsiýetleriniň degişlilikde üýtgemegine getirýär. Oňa mysal edip «suw-benzol» geterogen ulgamynda üst işjeň maddalaryň (ÜIM) ýaýramagyny görkezip bolar. Şonda ÜIM faza ara üstde ýygnanýar (konsentrlenýär). Eger-de şol ulgam beýik we ünçe gapda (mysal üçin silindrde) ýerleşdirilen bolsa, onda faza ara üst uly däl, şonuň üçin bu ýerde adsorbirlenen ÜIM mukdary hem azdyr. Eger-de silindriň içindäki garyndy giň gaba geçirilse, faza ara üst ep-esli ulalar, ÜIM

mukdary hem üstde köpeler: fazalaryň göwrümünde bolsa onuň konsentrasiýasy deňişlilikde peseler. Bu üýtgeşmeleriň hemmesi ulgamyň göwrüminiň, massasynyň, temperaturasynyň, basyşynyň, komponentleriniň we fazalarynyň sanynyň üýtgemän galýan şertlerinde geçýär. Ulgamda deňagramlyk diňe dispersligiň (ýagny udel üstüň) üýtgemeginiň hasabyna üýtgär. Eger-de ulgam gaýtadan silindre ýerleşdirilse, onda ol başdaky ýagdaýyna barar.

Eger-de faza ara üstüň barlygy hasaba alynmasa görkezilen şertler ($K = 3$, $F = 2$, p we $T = \text{const}$) üçin Gibbs fazalar düzgüninden ($E = K - F + 0$) erkinlik dereje sany bire deň bolýar. Beýle diýmek ulgamda diňe ÜIM mukdaryny erkin üýtgedip bolýanlygyny aňladýar. ÜIM mukdary hemişeligi dursa ulgamyň ýagdaýy hem üýtgeşsiz galýar, ol bolsa $E = 0$ bolmagyny şertlendirýär. Emma görkezilen mysalda görnüşi ýaly udel üstüň ulalmagy bilen ÜIM ýaýramasy ulgamda üýtgeýär, başgaça aýdylanda ulgamyň goşmaça erkinlik derejesine eýe bolýandygyny aňladýar.

Şeýleleikde, udel üst, ýagny disperslik ulgamyň intensiw häsiýeti hökmünde bolýar. Ol ululygy konsentrasiýa bilen, ýagny göwrüm birligine düşýän üst mukdary bilen deňeşdirip bolýar. Başgaça aýdylanda üst aýratyn komponent ýaly bolup çykyş edýär. Onda Gibbs fazalar düzgünini umumy görnüşde şeýle

$$E = K - F + 3$$

ýazyp bolýar.

Maddanyň dispersliginiň ýokarlanmagy bilen onuň ereýjiligi gowulanýar. Bular ýaly ýagdaýda onyulgama temperaturanyň ýa-da basyşyň täsiri bilen deňeşdirip bolýar.

II. ÜST GATLAGYŇ UMUMY TERMODINAMIKASY WE GURLUŞY

§2.1. Üstüň geometrik parametrleri

Faza ara üstler ulgamda diňe suwuk we gaty fazalaryň barlygynda bolup bilýärler. Hut şolar hem üst gatlagyň döremesini we gurluşyny kesgitleýär. Üstüň häsiýetleri suwuk we gaz fazalaryň göwrüm gurluşy bilen gönümel baglanyşykdadyr.

Suwuklygyň üst gatlagy molekulalaryň göwrümde edýän hereketleriniň hasabyna, şeýle-de hemişe geçipýän bugarma we kondensasiýa prosesleriniň häsijesinde üznüksiz täzilenip duran ýagdaýda bolýar. Mysal üçin, suwuň molekulasyň üstde bolmagynyň ortaça wagty 10^{-7} s töweregindedir. Suw faza bilen onuň bugynyň araçägindäki gatlagyň dyklyzlygy suwuk suwuň dyklyzlygyndan onuň bugynyň dyklyzlygyna çenli üznüksiz üýtgeýär. Şol bir wagtda molekulalaryň özara täsirleşme güýçleri kesgitli galyňlykda suwuklygyň üst gatlagynyň bolmagyny üpjün edýär. Adatça suwuklygyň üst gatlagynyň galyňlygy birnäçe molekulalary galyňlygy ýalyrak bolýar. Molekulalary arasyndaky güýçler näçe uly bolsa, şonça-da molekulalar üstden kiçi aralyga

ýaýrap bilýärler, başgaça aýdylanda, üst gatlagyň galyňlygy şonça-da kiçi bolýar. Gatlagyň içki araçägi suwuklygyň gurluşynyň göwrümde üýtgäp başlaýan ýerine degişli bolýar. Suwuklygyň hereketlemesiniň hasabyna onuň üsti tekiz we bitewidir, hemme nokatlary energetiki nukdaý hazardan ekwiwalentdir.

Gaty jisimiň üsti suwuklykdan tapawutlylykda uzak wagtyň dowamynda emele gelişi ýaly bolup durýar. Emma gaty jisimleriň köpüsi plastik häsiýete eýe bolýarlar we kesgitli şertlerde akyp hem bilýärler. Şeýlelikde, olary hem suwuklar ýaly göwrüm we üst hereketlenmesi bilen häsiýetlendirip bolýar. Ýeňil ereýän we kyn ereýän jisimleri tapawutlandyrýarlar. Kyn ereýän jisimlerde atomlar we molekulalar diňe deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yzgyldap bilmekleri olaryň üstüniň nätekizligini şertlendirýär. Şonuň üçin gaty jisimiň üsti ekwipotensial hem bolmaýar. Gaty jisim-suwuklyk ulgamynda faza ara üsti gaty jisimiň üstüniň nätekizligi kesgitleýär. Faza ara çäklerde üst gatlagyň bir tarapy birinji fazada bolsa, beýlekisi ikinji fazada bolýar.

Belli bolşy ýaly üst energiýa üst dartylmanyň üst meýdanyna, ýagny intensiwlik faktorynyň sygym faktoryna köpeltmek hasylyna ($\delta \cdot s$) deňdir. Üstüň parametrlerine giňişleýin garalyň. Dispers ulgamyň udel üsti kesgitlenende, adatça dispers fazanyň göwrümüne (kähallatlarda massasyna) gatnaşdyrylýar. Jisimiň udel üsti:

$$s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V}, \quad (II.1)$$

bu ýerde $s_{1,2}$ – 1 we 2 fazalaryň arasyndaky üst meýdany; V – göwrüm.

Öňden belleýşimiz ýaly, birmeňzeş ölçegli dispers bölejiklerden ybarat bolan ulgama *monodispers*, birmeňzeş ölçegi bolmadyk bölejiklerden ybarat bolan ulgama bolsa *polydispers* diýilýär.

Monodispers ulgamyň udel üstüni kesgitlemek üçin aýratyn bir bölejigiň ölçegini bilmek ýeterlik bolýar:

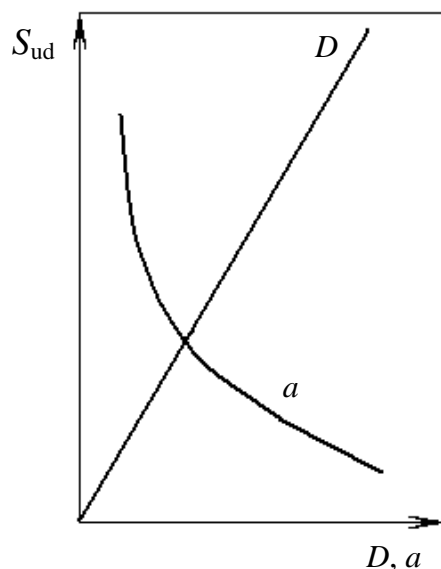
$$s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V} = 6 \cdot \frac{l^2}{l^3} = \frac{6}{l} \text{ — kubiki bölejikler üçin;}$$

$$s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V} = \frac{\pi \cdot d^2}{1/6 \cdot \pi \cdot d^3} = \frac{6}{d} \text{ — sferiki bölejikler üçin}$$

bu ýerde d - sferanyň diametri; l - kubuň gapyrgasynyň ölçegi (SI birlikleri bilen bir hatarda ulanmaga rugsat berilýän, ulgamlara girmeyän göwrüm birligini, «litri» setir harp «l» (10^{-3} m^3) bilen belgilemek kabul edilýär. Bu harp görnüşi boýunça 1-lik sana örän meňzeş. Şol sebäpli olaryň arasynda garym-gatymlygyň döremegi mümkin bolan ýagdaýynda «litriň» belgisini baş harpy «L» bilen belgilemäge rugsat berilýär).

Umumy görnüşde:

$$s_{ud} = \frac{k}{a} = k \cdot D, \quad (II.2)$$



5-nji surat. Dispers ulgamlarynyň udel S_{ud} üstüniň bölejikleriň a ölçegine we D disperslige baglylygy

$$D = \frac{1}{a}$$

bu ýerde: k – bölejigiň formasynyň koeffisiýenti; a - bölejigiň ölçegi; D – ulgamyň dispersligi.

(II.2) deňlemeden görnüşi ýaly, udel üst s_{ud} bölejikleriň ölçegine (a) ters proporsional we dispersligine (D) göni proporsional ululykdyr (5-nji surat). Köplenç udel üst dispers fazanyň (dispersleýin gurşawyň) m massasyna gatnaşdyrylýar, şonda maddanyň dykzlygyny (ρ) hasaba almaly bolýar:

$$s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{m} = \frac{s_{1,2}}{V \cdot \rho}, \quad (\text{II.3})$$

$$s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V \cdot \rho} = \frac{\pi \cdot d^2}{1/6 \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \rho} = \frac{6}{d \cdot \rho} \text{ — sferiki bölejikler üçin}$$

Udel üstüň dispersligiň (ölçegiň) üýtgemegi bilen bilelikdäki üýtgemesi bölejikleriň formasyna düýpli baglydyr. 1-nji suratda berlen mysallardan, $A \gg a$ bolanda,

$$\text{plýonka üçin } s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V_1} = \frac{2 \cdot A^2}{2 \cdot A^2 \cdot a} = \frac{2}{a};$$

$$\text{dört gyraň pürsjağaz üçin } s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V_2} = \frac{4 \cdot a \cdot A}{A \cdot a^2} = \frac{4}{a}; \quad (\text{II.4})$$

$$\text{kub üçin } s_{ud} = \frac{s_{1,2}}{V_3} = \frac{6 \cdot a^2}{a^3} = \frac{6}{a}$$

bolýandygy gelip çykýar. Bu hatarda agzalan baglylyk has aýdyň görünýär.

Dispersliligiň has kesgitli häsiýetnamasy üst meýdanynyň göwrüm boýunça önümi (proizwodnysy) arkaly kesgitlenilýän üst egriligidir:

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{ds}{dV}. \quad (\text{II.5})$$

Bu ululygy nädogry formaly üstleri häsiýetlendirmek üçin ulanmak has amatlydyr. Bu önümi r radiusly sferiki bölejik üçin tapalyň:

$$s = 4 \cdot \pi \cdot r^2; \quad ds = 8 \cdot \pi \cdot r \cdot dr; \quad V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3; \quad dV = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr$$

$$\frac{ds}{dV} = \frac{8 \cdot \pi \cdot r \cdot dr}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr} = \frac{2}{r}; \quad H = \frac{1}{r}. \quad (\text{II.7})$$

Uzynlygy l bolan silindriki formaly sapak üçin alarys:

$$s = 4 \cdot \pi \cdot r \cdot l; \quad ds = 2 \cdot \pi \cdot l \cdot dr; \quad V = \pi \cdot r^2 \cdot l; \quad dV = 4 \cdot \pi \cdot l \cdot r \cdot dr$$

$$\frac{ds}{dV} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot dr}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot r \cdot dr} = \frac{1}{r}; \quad H = \frac{1}{2 \cdot r}. \quad (\text{II.8})$$

Eger-de nädogry formaly bolsa, onda onuň üstüniň berlen nokatdaky egriligini kesgitlemek üçin aşakdaky formuladan hem peýdalanylýar:

$$H = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (\text{II.9})$$

bu ýerde r_1 we r_2 – üstden we iki sany perpendikuýar tekizlikleriň berlen nokatda oňa bolan normalyndan geçilendäki alnan töwerekleriň radiuslary.

Egrilik položitel hem-de otrisatel bolup biler. Eger-de töweregiň merkezi üstüniň egriligi kesgitlenýän jisimiň içinde ýerleşýän bolsa, onda ol položitel, eger-de töweregiň merkezi içinde bolsa, onda egrilik otrisateldir.

Jisimler owradylanda, olaryň udel üsti ulalýar we örän uly bahalara ýetip bilýär. Göwrümi 1 cm^3 bolan jisim deň möçberdäki kubjagazlara owradylanda onuň udel üstüniň hasaplanyşyna garalyň:

$$s_{\text{ud}} = \frac{6}{l};$$

$$l_1 = 1 \text{ cm}; \quad s_{\text{ud}} = \frac{6}{1} = 6 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^3};$$

$$l_2 = 0,1 \text{ cm (1 mm)}; \quad s_{\text{ud}} = \frac{6}{0,1} = 60 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^3};$$

$$l_3 = 10^{-4} \text{ cm (1 } \mu\text{m)}; \quad s_{\text{ud}} = \frac{6}{10^{-4}} = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^3} = 6 \cdot 10^4 \frac{(10^{-2})^2 \text{ m}^2}{\text{cm}^3} = 6 \frac{\text{m}^2}{\text{cm}^3};$$

$$l_4 = 10^{-7} \text{ cm (1 nm)}; \quad s_{\text{ud}} = \frac{6}{10^{-7}} = 6 \cdot 10^7 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^3} = 6 \cdot 10^7 \frac{(10^{-2})^2 \text{ m}^2}{\text{cm}^3} = 6 \cdot 10^3 \frac{\text{m}^2}{\text{cm}^3}.$$

Hasaplamalaryň netejeleri tablisada berlen:

Kubuň gapyrgasynyň ölçegi, cm	Bölejikleriň sany	Udel üst, $\frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^3}$
1	1	6
10^{-1} (1 mm)	10^3	60
10^{-4} (1 μm)	10^{12}	$6 \cdot 10^4 \left(6 \frac{\text{m}^2}{\text{cm}^3}\right)$
10^{-7} (1 nm)	10^{21}	$6 \cdot 10^7 \left(6 \cdot 10^3 \frac{\text{m}^2}{\text{cm}^3}\right)$

Adatça, molekulalaryň ölçegi nanometriň ülüşleriniň möçberindedir; geterogen dispers ulgamlaryň bölejikleriniň ölçegi nanometr birliklerine ýetip biler. Şeýlelikde, udel üst dispers fazanyň bir kub santimetrine ýa-da bir gramyna münlerçe kwadrat metrler ýetýän bahalara eýe bolup biler, ýagny tablisadan görnüşi ýaly, göwrümi 1 cm^3 bolan jisim üçin münlerçe m^2 bolup biljek eken. Udel üst kähalatlarda jisimiň massasyna görä hem kesgitlenilýär. Mysal üçin, sementiň udel üsti $3000 \div 5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ töweregi bolýar.

§2.2. Üst dartyлма

Üst energiýasynyň intensiwliginiň faktory faza ara üstdäki molekulýar aragüýçleriň kompensirlenmedik (öwezi dolunmadyk) meýdany bilen şertlendirilýän **üst dartyлма** bolup durýar. Üst dartyлmanyň termodinamiki kesgitlemesi termodinamikanyň birinji we ikinji kanunlarynyň umumylaşdyrylan aňlatmasyndan gelip çykýar. Ony geterogen ulgam üçin içki U energiýasyna görä ýazarys:

$$dU = -T \cdot dS + p \cdot dV + \delta \cdot ds + \sum_i \mu_i \cdot dn_i + \gamma \cdot dq \quad (\text{II.10})$$

bu ýerde S – ulgamyň entropiýasy; T – temperatura; V – göwrüm; p – basyş; δ – üst dartyлма; s – faza ara üstüň meýdany; μ_i – i komponentiň himiki potensialy; n_i – i komponentiň mol sany; $\gamma \cdot dq$ – elektrik energiýanyň üýtgemesi; γ – elektrik potensiýaly; q – üstüň zaryadynyň mukdary; $\delta \cdot ds$ – üst energiýanyň üýtgemesi.

S , V , n_i we q hemişelik bolanlarynda, alarys:

$$\delta = \left(\frac{\partial U}{\partial s} \right)_{S, V, n_i, q},$$

ýagny entropiýanyň, göwrümiň, komponentleriň mol sanynyň we zarýadyň hemişeliginde fazalaryň bölünme üst meýdany boýunça içki energiýadan alnan hususy önümdir (proizvodnydyr).

Termodinamikanyň birinji we ikinji kanunlarynyň umumylaşdyrlandyrmasy beýleki termodinamiki potensiallar — Gibbs energiýasy G , Gelmgols energiýasy F we entalpiýa H üçin hem ýazyp bolýar, onda degişli parametrleriň hemişeliginde, alarys:

$$\delta = \left(\frac{\partial U}{\partial s} \right)_{S, V, n_i} = \left(\frac{\partial H}{\partial s} \right)_{S, p, n_i} = \left(\frac{\partial F}{\partial s} \right)_{T, V, n_i} = \left(\frac{\partial G}{\partial s} \right)_{T, p, n_i} \quad (\text{II.11}).$$

Şeýlelikde, üst dartyлма — islendik termodinamiki potensialyň, degişli parametrleriň hemişeliginde, faza ara üstüň meýdany boýunça hususy önümidir.

Köplenç üst dartyлма Gibbs energiýasyndan önüm (proizvodny) arkaly aňladylýar, çünki p we $T = \text{const}$ şertler eksperimental-tejribeler arkaly ýeňil amala aşyrylýar. Üst dartyлmanyň kondensirlenen ulgamlaryň häsiýetnamalaryna degişlidigi sebäpli, uly ýalňyş goýbermezden, Gelmgols energiýasyndan alnan önümden (proizvodnydan) peýdalansa bolýar (kondensirlenen ulgamlarda basyşyň täsiri astynda göwrüm az üýtgeýär). Üst dartyлmanyň termodinamiki kesgitlemesiniň himiki potensialyň kesgitlemesine analogiki meňzeşligi ünsüňi özüne çekýär, ýöne üst dartyлма faza ara üsti, himiki potensial bolsa, — erän maddany häsiýetlendirýär. Iki ululyk hem islendik termodinamiki potensialdan alnan hususy önüm, ýöne bir ýagdaýda üst meýdany, beýlekisinde bolsa, — maddanyň mol sany boýunça alynýar.

Üstüň Gibbs energiýasynyň üýtgemegini üstüň meýdan birligine düşýän Gibbs energiýasy G_s arkaly aňlatsa bolýar, ýagny

$$G = G_s \cdot s \text{ ýa-da } dG = d(G_s \cdot s),$$

onda

$$\delta = \partial G / \partial s = G_s + s (\partial G_s / \partial s) \quad (\text{II.12})$$

Indiwiđual maddalar üçin üst birliginiň termodinamiki potensiallary üst meýdanynyň üýtgemegi bilen üýtgemeyärler ($\partial G_s / \partial s = 0$) we şonuň üçin hem üstüň Gibbs energiýasy üst meýdany bilen tä örän uly udel üstlere çenli göni çyzyklaýyn baglanyşandyr. Bu bolsa, indiwiđual maddalaryň üst dartyлmasynyň şol bir wagtda üstüň udel Gibbs energiýasydygyny (üst meýdanynyň birligine düşýän Gibbs energiýasydygyny) aňladýar.

Üst meýdany uly bolmadyk halatda üst energiýany hasaba almaşan hem bolýar. Emma üstüň giňelmegi bilen üst energiýasy ýokarlanyp, üstde güýçli siňdirilme (adsorbsiýa) ýüze çykyp başlaýar.

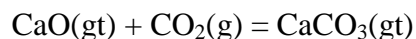
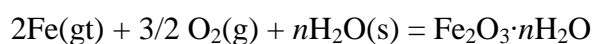
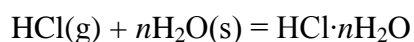
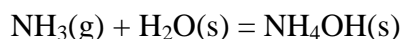
Adsorbsiýanyň faza araçäginde geçýänligine garamazdan has dykyz fazany (üstünde adsorbsiýa geçýän maddany) a d s o r b e n t diýip atlandyryýarlar. Ol gaty we suwuk halynda bolup bilýar. Ü stde adsorbirlenýän madda a d s o r b a t diýilýar. Ol, adaty gaz ýa-da suwuk halynda bolýar. Şeýlelikde; adsorbat

adsorbentiň üstünde adsorbirlenýär, ýagny siňdirilýär. Onuň tersine bolan prosese bolsa, ýagny maddanyň üst gatlakdan aýrylmasyna *d e s o r b s i ý a* diýilýär.

S o r b s i ý a (latynçadan *siňdirýärin*) diýip siňdirilme mehanizimine garamazdan bir maddanyň (*s o r b t i w i ñ*) beýleki madda (*s o r b e n t*) bilen islendik siňdirilme prosesine aýdylýar. Sorbsiýanyň mehanizimine baglylykda adsorbsiýany, absorbsiýany, hemosorbsiýany we kapilýar kondensasiýany tapawutlandyryrlar.

A d s o r b s i ý a diýlip, faza araçägende maddanyň konsentrasiasynyň üýtgemegine aýdylýar. Adsorbsiýa islendik faza ara üstde geçip bilýär we islendik madda adsorbirlenip bilýär. Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen adsorbsiýa peselýär.

Eger-de bir maddanyň beýleki madda bilen siňdirilmesi sorbentiň tutuş göwrümünde geçýän bolsa, oňa *a b s o r b s i ý a* diýilýär. Absorbsiýa mysal edip gazlaryň suwuklyklarda eremesini görkezip bolýar. Bir maddanyň beýleki madda bilen siňdirilmesi himiki täsirleşme bilen ugurdaş geçýän bolsa, oňa *h e m o s o r b s i ý a* diýilýär. Mysal üçin, ammiagyň, hlorly wodorodyň, kömür turşy gazyň suwda siňdirilmesi, çygyň we kislorodyň metallar tarapyndan siňdirilip oksidleriniň we gidroksidleriniň emele gelmesi, uglerod dioksidiniň kalsiý oksidi bilen siňdirilmesi hemosorbsiýa prosesleridir:



K a p i l ý a r k o n d e n s a s i ý a sorbentleriň mikroöýjüklerinde buguň suwuklanma prosesidir.

Şeýlelikde, sorbsiýa prosesi geçiş mehanizimi boýunça dürli bolýar. Emma islendik sorbsiýa prosesiniň galtaşýan fazalaryň (gaty, suwuk ýa-da gaz) araçäginde adsorbsiýadan başlanýandygyny bellemek gerek.

§2.3. Üst dartyлма bilen elektrik potensialynyň arasyndaky baglanyşyk

Belli bolşy ýaly ulgamyň üst gatlagynyň Gibbs energiýasyny peseltmäge bolan ymtylmasynyň netijesinde ikileýin elektrik gatlagy öz erkine emele gelýär. Üst energiýasynyň peselmegi elektrik energiýasynyň ulalmagyna getirýär. Üst we elektrik energiýalaryň arasyndaky termodinamiki gatnaşygy hem, edil üst bilen himiki energiýany baglanyşdyrýan Gibbs adsorbsion deňlemesi ýaly alyp bolýar.

Onuň üçin termodinamikanyň I we II kanunlarynyň umumlaşdyrylan aňlatmasýndan peýdalanýarys:

$$dG = -S \cdot dT + V \cdot dp + \delta \cdot ds + \sum_i \mu_i \cdot dn_i (\mu_i \cdot d_{ni}) + \gamma \cdot dq$$

bu ýerde S – ulgamyň entropiýasy; T – temperatura; V – göwrüm; p – basyş; δ – üst dartyлма; s – faza ara üstüň meýdany; μ_i – i komponentiň himiki potensialy; n_i – i komponentiň mol sany; $\gamma \cdot dq$ – elektrik energiýanyň üýtgemesi; γ – elektrik potensialy; q – üstüň zaryadynyň mukdary; $\delta \cdot ds$ – üst energiýanyň üýtgemesi.

Himiki energiýany ($\sum \mu_i \cdot d_{ni}$) göz önünde tutmazdan $p, T = const$ şertler üçin gatnaşygy:

$$dG = \delta \cdot ds + \gamma \cdot dq$$

alyp bolýar. Ondan doly differensial:

$$dG = \delta \cdot ds + \gamma \cdot dq + s \cdot d\delta + q \cdot d\gamma$$

Soňky deňlemäni öňkiden aýryp alarys:

$$s \cdot d\delta + q \cdot d\gamma = 0$$

Bu gatnaşygy üst gatlagyň meýdanyna bölüp alýarys:

$$d\delta + \frac{q}{s} \cdot d\gamma = 0$$

$$d\delta + q_s \cdot d\gamma = 0$$

$$q_s = -\frac{d\delta}{d\gamma},$$

bu ýerde q_s – üst birliginiň zarýady ($\frac{q}{s}$), ýagny zarýad dykzlygy.

Alnan gatnaşykdan görnüşi ýaly, eger-de potensialyň we zarýad dykzlygynyň alamaty deň gelýän bolsa, onda potensialyň ýokarlanmagy bilen üst dartyлма peselýär. Eger-de olaryň alamlary tersleýin bolsa potensialyň ulalmagy üst dartyлmanyň beýgelmegine getirýär. Zarýad dykzlygynyň absolýut bahasy näçe uly bolsa, şonça-da bu baglanyşyklar güýçli bolýar. Zarýad dykzlygynyň mümimum bahasynda üst dartyлma potensiala gowşak bagly bolýar.

III. ÜST DARTYLMA WE ADSORBSIÝA

§3.1. Adsorbsiýa we onuň ulgamyň parametrleri bilen baglanyşygy

Ýokarda bellişimiz ýaly üst energiýa elmydama peselmäge ymdylýar. Ol faza ara üstün ýa-da üst dartyлmanyň kiçelmeginde görünýär. Adsorbsiýa üst dartyлmanyň peselmäge bolan ymtylmasynyň netijesinde döreýän hadysalara degişlidir. Ol ulgamyň komponentleriniň üst gatlak bilen göwrüm fazanyň arasynda gaýtadan öz erkine paýlanma prosesidir. Aýdylanlardan şeýle netije çykýar: adsorbsiýa köp komponentli ulgamlarda ýüze çykýar hem-de gaýtadan paýlanmada komponentleriň faza ara üst gatlagda dartyлmasyny has güýçli peseldýäni üst geçmäge artykmaçlyk alýar.

Galtaşýan fazalaryň agregat halyna baglylykda gazlaryň gaty adsorbentde adsorbsiýasyny, eredilen maddanyň gaty jisim-suwuklyk we suwuklyk-suwuklyk ara çäklerinde adsorbsiýany, hem-de suwuk ergin-gaz araçäginde adsorbsiýany tapawutlandyryrlar.

Adsorbsiýany mukdar tarapdan häsiýetlendirmek üçin, esasan, iki sany ululykdan peýdalanýrlar. Olaryň biri adsorbentiň üst birligine ýa-da massa birligine düşýän mol sanlar ýa-da gramlar bilen ölçenýär; ony A harpy bilen bellemeklik kabul edilen. Adsorbsiýanyň bahasynyň beýleki häsiýetnamasyny maddanyň üst gatlakda onuň şolar ýaly faza göwrümdäki mukdary bilen

deňşdirilende artykmaçlygy boýunça kesgitleýär (şonuň ýaly-da adsorbentiň üst meýdanynyň birligine ýa-da massasynyň birligine görä alýarlar). Bu ululyga $Gibbs adsorbsiýasy$ diýilýär we Γ_a bilen belgilenýär.

Ulgamda üst gatlakda deňagramlylyk şertde adsorbirlenen maddanyň mukdary şol komponentiň göwrümdäki konsentrasiýasyna ýa-da parsial basyşyna bagly bolýar. Şonda ulgamyň ýagdaýyny kesgitleýän parametrleriň sanyny Gibbs fazalar düzgünnamasyndan hasaplap bolýar:

$$E = K - F + 2$$

bu ýerde: E - erkinlik dereje sany; K - ulgamdaky komponentleriň sany; F - fazalaryň sany; 2 – ulgamyň ýagdaýyna täsir edýän daşky iki (basyş we temperatura) parametr.

Gaz fazadan adsorbirlenýän halatda ulgam adsorbentden we gaz-adsorbatdan ybarat bolýar. Şol ulgam üçin komponentleriň sany 2, fazalaryň sany hem 2 we Gibbs fazalar düzgünnamasyna laýyklykda erkinlik dereje sany-da 2 bolýar. Diýmek, bu ýagdaýda 2 sany parametri (basyş we temperaturany) erkin üýtgedip bolýar. Eger-de ulgam kondensirlenen (gaty we suwuk) fazalardan ybarat bolsa, onda eredilen madda kondensirlener we ol ýerde komponentleriň sany 2 deň bolar. Adatça kondensirlenen ulgam üçin basyşyň täsirini hasaba alynmaýar, onda bu ulgamda hem erkinlik dereje sany 2 deň boljak ekeni: konsentrasiýa we temperatura. Onda A adsorbsiýanyň ululygyna görä ýagdaý deňlemesi umumy görnüşde:

$$A = f(c, T) = f'(p, T),$$

bu ýerde: c we p – adsorbatyň deňşililikde deňagramlylyk konsentrasiýasy we parsial basyşy; T – temperatura

Alnan deňlemeden görnüşi ýaly adsorbsiýanyň bahasynyň ulgamyň parametrlere baglylygy üç görnüşde bolup biljek. Adsorbsiýanyň bahasynyň maddanyň konsentrasiýasyna (ýa-da parsial basyşyna) baglylygyna (temperatura hemişelik bolanda) *izoterm* diýilýär:

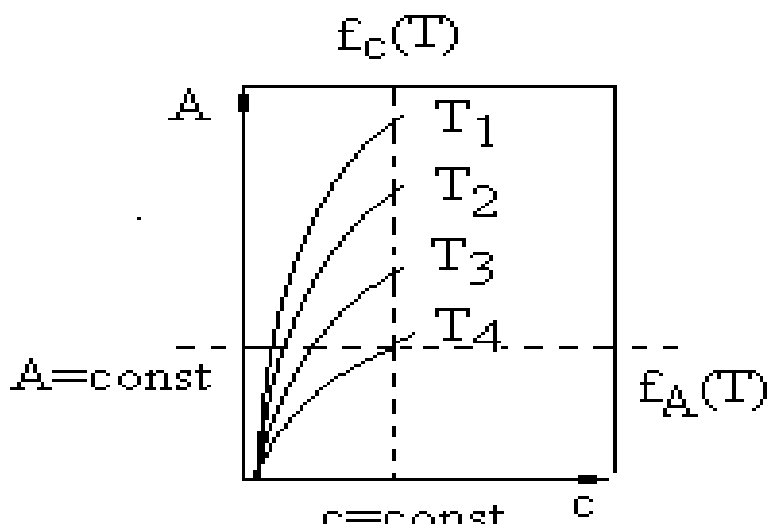
$$A = f_T(c) = f'_T(p).$$

Maddanyň konsentrasiýasy (ýa-da parsial basyşy) hemişelik bolanda, onuň temperatura baglylygyna *izopikna* (ýa-da izobara) diýilýär:

$$A = f_c(T) = f'_p(T).$$

Göwrümde maddanyň konsentrasiýasynyň (ýa-da parsial basyşynyň) adsorbsiýanyň hemişelik bahasynda temperatura baglylygyna **izostera** diýilýär.

$$c = f_A(T) \quad \text{ýa-da} \quad p = f'_A(T)$$



Temperaturany hemişelik saklamak iş ýüzünde aňsat bolany sebapli tejribelerden alynýan izoterma baglanyşygy öwrenmeklik amatly bolýar. Dürli temperaturalar üçin alnan izotermalaryň esasynda beýleki iki baglanyşygy grafiki usul bilen gurup bolýar.

Suratdan görnüşi ýaly izotermalaryň ordinata okuna parallel çyzyklar bilen kesişme nokatlary izopiknä degişli bolýar. Absissa okuna parallel çyryklar bilen kesişenlerinde bolsa izosteranyň nokatlary alynýar. Şol nokatlar boýunça adsorbsiýanyň bahasynyň (izopikna) ýa-da konsentrasiýanyň (izostera) temperatura baglylygyny gurýarlar

Suwuklyklar we gaty jisimler düzümi we gurluşy başga bolan faza bilen galtaşýan daşky üst bilen çäklenýärler. Üst, ýagny faza ara gatlak ulgamyň bir fazasyndan beýlekisine geçilende häsiýetleriň kem-kemden üýtgeýän aralygydyr. Şeýle-de bu ýerde bir fazanyň gurluşyndan beýleki fazanyň gurluşyna çenli üst gatlagyň gurluşy üýtgeýär. Şol ýukajyk faza ara üstde jisimiň häsiýetleri fazanyň içindäki häsiýetlerinden tapawutlanýar. Hakykatda-da arassa maddanyň gowrümünüň içinde işlendik molekulalar özüne meňzeş bolan molekulalar bilen gurşalyp, güýç meýdanlary dolylygyna deňagamlykda bolýarlar. Araçäk gatlakda bolsa molekulalar diňe bir fazanyň molekulalary bilen däl-de, beýleki fazanyň hem molekulalary bilen täsirleşýärler: netijede üst gatlakda molekulýar güýçler doly deňagramlaşmaýar we haýsy faza bilen özara täsir uly bolsa şol tarapa hem ugrukdyrlan bolýar. Şeýlelikde, üst energiýasy (G_s) döreyär:

$$G_s = \delta \cdot s$$

Faza araçäginde täze üstüň birliginiň izotermiki we öwrülişikli emele gelmegi üçin sarp edilýan işe $u d e l e r k i n$ üst energiýasy diýilýär. Ol degişli prosesde Gibbs energiýasynyň üýtgemesine deňdir:

$$dG = -S \cdot dT + V \cdot dp + \delta \cdot ds + \sum u_i \cdot dn_i + \varphi \cdot dq$$

Proses iki sany kondensirlenen fazanyň arasynda geçýän bolsa, ol ululyga **araçäk dartylma**, suwuklyk bilen onuň bugunyň araçäginde geçýän bolsa, onda oňa **üst dartylma** diýilýär.

Termodinamikadan belli bolşy ýaly, $p, T = const$ şertlerde prosesler Gibbs energiýasynyň peselýän tarapyna özakymlaýyn geçýär. Edil şonuň ýaly faza araçäginde hem prosesler erkin üst energiýasynyň azalýan tarapyna, ýagny onuň bahasynyň (δ) üst meýdanyna (s) köpeltmek hasylynyň peselýän tarapyna geçýärler. Hemme ulgamlarda $\delta \cdot s$ köpeltmek hasyly, berlen ulgam üçin göwrümiň üýtgeman saklanmagy bilen münimum baha ymtylýar. Şol sebäpli hem dispers ulgamlar termodinamiki nukdaý nazardan durnukly bolmaýar.

Eger-de (δ) üst dartylma hemişelik ululyk bolsa, onda prosesler özakymyna üst meýdanyň (s) kiçelýän tarapyna geçerdiler, ol bolsa disperligiň peselmegine,

ýagny bölejikleriň irilenmegine getirer. Şol sebäpli, mysal üçin ümürde, ýagyş buludynda we emulsiýada uşak damjalaryň has irilenmesi geçýär. Bularyň hemmesi dispers ulgamlaryň dargamasyna getirýär: ümür we ýagyş buludy ýagyşa öwrülýär, emulsiýa gatлага bolünýär, kolloid erginler koagulirlenýarler, ýagny dispers fazanyň çökündisine we dispers gurşawa bolünýärler.

$G_s = \delta \cdot s$ deňlemenden görnüşi ýaly üst energiýa (G_s) üstüň gysylmagynyň we üst dartylmanyň kiçelmeginiň hasabyna peselip biler. Üst öz erkine jisimiň formasynyň üýtgemesiniň hasabyna kiçelip biler. Ol esasan, suwuklyklar üçin mahsus bolýar. Mysal üçin, agramsyzlyk şertlerde suwuklyk tagalak formany, ýagny berlen göwrüm üçin iň kiçi üstli ýagaýy almaga ymtylýar. Oňa ýönekeý tejribede hem göz ýetirip bolýar. Anilin ýyly suwa damjaladyp goşulanda olaryň dykzyzlyklarynyň bir meňzeşiräk bolmagy damjalara öz boluşly agramsyzlyk şerti üpjün edýär. Bular ýaly şertde olar diňe üst energiýanyň täsirine sezewar bolýarlar, şonuň üçin togalak görnüşi alýarlar. Suwuklyklar kosmosda hem özlerini şeýle alyp barýarlar. Planetalaryň togalak görnüşi hem, olaryň düzümindäki bolejkleriniň özara dartylmasy bilen döreýän üst energiýanyň täsiriniň netijesidir.

Üstüň öz energiýasyny kiçeltmäge bolan ymtylmasy, üst dartylmanyň peselmäge bolan ymtylmasyny döredýär. Gaty jisimler, adatça başga maddalaryň adsorbirlenmegi bilen üst dartylmanyň peselmeginiň hasabyna özleriniň üst energiýasyny kiçeltýärler. Bular ýaly edip üst energiýany peseltmäge suwuklyklar hem ukyply bolýarlar, ýöne ondan başga-da olaryň üstünde molekulalaryň tertipli ornaşmasy geçýär. Bu häsiýet, esasan hem molekulalary simmetrik bolmadyk maddalar üçin mahsusdyr. Olar üstde öz boluşly ornaşýarlar. Mysal üçin, şolar ýaly molekulalar üstde üst dartylmany peseldip biljek bölegi bilen gaz faza tarap ýerleşýärler.

Gibbs adsorbsion deňlemesinde

$$\Gamma = -c/RT (d\delta/dc)$$

maddanyň tebigatynyň adsorbsiýa täsirini $d\delta/dc$ gatnaşyk görkezýär. Ol Gibbs adsorbsiýasynyň alamatyny hem kesgitleýär. Şeýlelikde, $d\delta/dc$ ululyk adsorbsiýada maddanyň özüni alyp baryşynyň häsiýetnamasy bolup hyzmat edip bilýär. Položitel adsorbsiýada $d\delta/dc$ ululygyň alamaty otrisatel bolýar.

Deňlemenden: $-(d\delta/dc)_{c \rightarrow 0} = RT(\Gamma/c)_{c \rightarrow 0}$

$$g = - (d\delta/dc)_{c \rightarrow 0}$$

bu ýerde: g - jisimiň üst işjeňligi.

Üst işjeňlik maddalaryň möhüm adsorbsiýa häsiýetnamasy bolup, olary bahalamaga, hem-de ulanylýan ýerlerini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Üst işjeňligiň ölçeg birligi: Jm/mol ýa-da $N \cdot m^2/mol$, şeýle-de gibbsler ($erg \cdot cm/mol$).

Soňky deňlemenden adsorbirlenýän maddanyň üst işjeňligi näçe uly bolsa, şonça-da üst dartylmanyň şol maddanyň konsentrasiýasynyň köpelmegi bilen güýçli kiçelýändigini görünüär.

Üst işjeňligiň fiziki manysy maddany üstde saklaýan we Gibbs adsorbsiýasynyň birligine hasaplanan güýçdiginden ybaratdyr.

Üst işjeňlik, edil gibbs adsorbsiýa ýaly, položitel we otrisatel bolup bilýär. Onuň absolýut bahasy we alamaty adsorbirlenýän maddanyň we eredijiniň

tebigatyna baglydyr. Maddanyň konsentrasiýasynyň köpelmegi bilen üst dartyлма faza araçäkde peselýän bolsa, şol **madda üst-işjeň** hasap edilýär

$$g > 0, d\delta/dc < 0 \text{ we } \Gamma > 0$$

Konsentrasiýanyň köpelmegi bilen faza araçäkde üst dartyлmany ýokarlandyryýan **madda üst-işjeň däl** hasap edilýär

$$g < 0, d\delta/dc > 0 \text{ we } \Gamma < 0$$

Organiki maddalaryň köpüsiniň üst dartyлmasy suwuňka garanyňda kiçi bolany sebäpli, olar suw bilen gatnaşykda üst-işjeň bolýar.

"Üst işjeň madda" (ÜIM) diýen adalgany, adatça suwa görä örän uly üst işjeňligi bolan aýratyn maddalar toparyna ulanýarlar. Bular ýaly maddalar özleriniň aýratyn gurluşlary bilen tapawutlanýarlar. ÜIM molekulalarynda polýar däl (uglewodorod) bölek we funksional toparlar ($-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{O}$, $-\text{SO}_2\text{OH}$ we ş.m.) girýän bölegi bar. Uglewodorod radikallary suwdan üste gysyp çykarylýar, olaryň adsorbsiýasy $\Gamma > 0$. Adaty sabyn görnüşdäki ÜIM (natriý oleaty) 1 mol/L konsentrasiýada (298 K) suwuň üst dartyлmasyny $72,5 \cdot 10^{-3}$ – den $30 \cdot 10^{-3}$ J/m² çenli peseldýär. Suwa görä üst-işjeň däl maddalara mysal edip organiki däl maddalary görkezip bolýar. Olar suwda güýçli gidratirlenýärler. Şol sebäpli adsorbsiýa otirisatel $\Gamma < 0$ bolýar. Olar suwa goşulanda üst dartyлma ulalýar.

5 – nji sapak

Mowzuk: . Ü st energiýa we ikileýin elektrik gatlagy.

Soraglar:

1. Ü st energiýa
2. Ikileýin elektrik gatlagyň (IEG) emele gelmesi.
3. Ikileýin elektrik gatlagyň (IEG) gurluşy.

Dispers ulgamlaryň özlerine mahsus bolen aýratynlyklary, şol sanda ionçalyşma adsorbsiýasy, elektrokinetiki hadysalar, olaryň durnuklaşmasy we koagulyýasiýasy faza ara üstlerde ikileýin elektrik gatlagynyň (IEG) döremesi bilen bagly bolýar.

Faza ara üstde IEG emele gelimegi hem edil adsorbsiýa ýaly galtaşýan fazalaryň artykmaç üst energiýalarynyň hasabyna geçýän özära täsiriň netijesi bolýar. Geterogen ulgamlaryň üst energiýasyny peseltmäge bolan ymtylmasy polýar molekulalaryň, ionlaryň we elektronlaryň üst gatlakda kesgitli ornaşmasyna getirýär. Netijede galtaşýan fazalar ululyklary boýunça deň, alamatlary boýunça dürli bolan zaryadlara eýe bolýarlar, başgaça aýdylanda ikileýin **elektrik gatlak** emele gelýär. Şonuň hasabyna üst dartyлma hem gowşaýar.

IEG döremesiniň üç hili ýolyny tapawutlandyryýarlar. Olaryň biri boýunça IEG ionlaryň ýa-da elektronlaryň bir fazadan beýlekisine geçmesiniň netijesinde döreyär.

Mysal üçin, metalyň üstünden elektronlar gaz faza geçip, şol ýerde elektron buludyny emele getirýärler. Netijede metalyň üsti položitel zaryada, gaz faza bolsa otrisatel zaryada eýe bolýarlar. Faza araçağinde döreyän elektrik potensialy elektronlaryň indiki geçmelerine päsgel berýär: deňagramlylyk emele gelýär, metalyň üstündäki položitel zaryad, gaz fazada elektronlaryň döreden otrisatel zaryady bilen kompensirlenýär, şeýdip ikileýin elektrik gatlagy alynýar.

Indi fazalaryň arasynda ionlaryň geçmesi boýunça IEG emele gelişine gazalyň. Mysal hökmünde suwda ereýjiligi pes bolen kümüş iodidiniň erginini alýarys.

Suwda erän kümüş iodidi doly dissosirlenýär. Emma şoňa garamazdan kümüş ionlarynyň gidratlaşmasynyň güýçli bolany sebäpli, olar ergine iodid ionlaryna görä köpüräk geçýär. Netijede gaty kümüş iodidiniň üstünde ýodyň otrisatel ionlary artykmaçlyk eder, we galtaşyp duran ergin gatlakdaky artykmaç kümüş ionlary bilen IEG emele getirer.

IEG emele gelmesiniň ikinji ýoly gönümel adsorbsiýa bilen bagly bolýar. Şonda IEG fazalary emele getirýän maddalaryň düzümine girmeyän elektrolit ionlarynyň, ýagny goşuntgylaryň faza ara gatlakda saýlap-seçilme adsorbsiýasynyň netijesinde döräp bilýär. Mysal üçin, metal - suw ulgamyna natriý hlорidiniň goşulmagy hlорid - ionlarynyň metalyň üstünde saýlama adsorbsiýasyna getirýar: metalyň üstünde artykmaç otrisatel zaryad ýüze çykýar, onuň bilen galtaşyp durat ergin gatlakda bolsa artykmaç položitel zaryad (natriý ionlarynyň hasabyna) döreyär. Şeýdip faza ara üstde IEG emele gelýär.

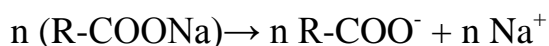
Eredilen maddalar eredijiniň üst dartylmasyny peseldip hem, ýokarlandyryp hem ýa-da üýtgetmän hem bilýar. Üst dartylmany peseldýän maddalara **üst işjeň maddalar** (UIM) diýilýär. Suw erginlerinde organiki maddalar UIM bolýarlar (spirtler, kislotalar, aminler, fenollar).

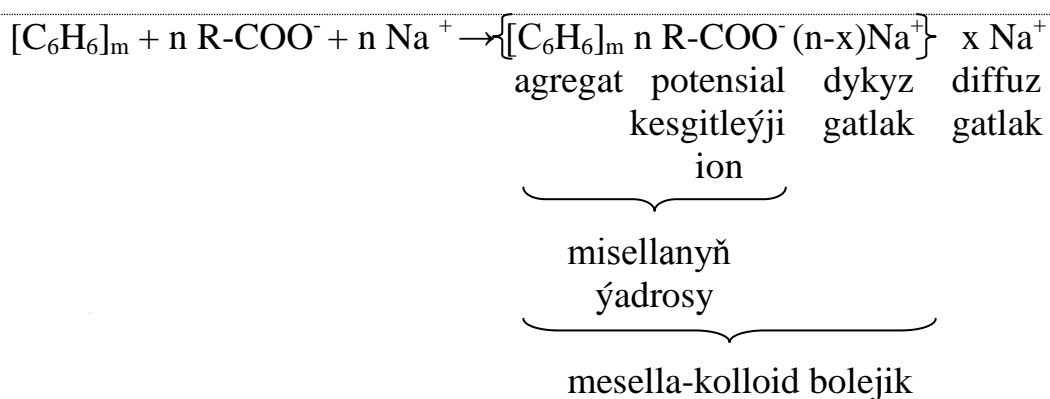
Berlen ulgamda UIM eredilende metalyň üstünde, esasan organiki ionlar adsorbirlenýärler, garşylyklaýyn ionlar (organiki däl ionlar) bolsa suwuk faza tarapdan zaryadly ikinji gatlagy emele getirýärler.

UIM adsorbsiýasy iki sany özarasynda garyşmaýan suwuklyklaryň araçağinde (mysal üçin, suw bilen benzolyň) geçip biler. Şonda UIM molekulasyň suwa tarap duran topary dissosirlenip benzol faza UIM molekulasyň organiki bölegine degişli zaryady berýär. UIM hökmünde sabyn alnanda, onuň gurluşyny umumy görnüşde şeýle $R-COONa$ formula bilen aňladyp bolýar (R-uglerod radikaly) Sabynyň molekulasy polýarlygy $-COONa$ topary berýar. Ol elektrolitik dissosiýa ukyply: $R-COO^-$ we Na^+ ionlary emele gelýar.

Benzol suw bilen garyşdyrlanda sabynyň molekulary benzol damjajyklarynyň üstünde adsorbirlenip, $-COONa$ topary bilen suwa tarap ornaşýarlar; şol topardan Na^+ iony aýrylyp, damjajyk otrisatel zaryadlanýar, şeýdip IEG emele gelýar, emulsiýa durnuklaşýar.

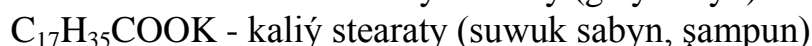
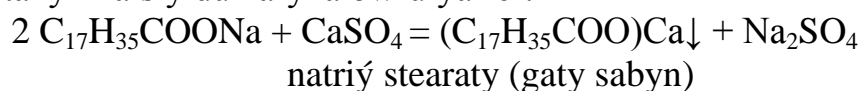
Benzolyň suwdaky emulsiýasynyň bolejikleriniň gurluşyny (sabynyň gatnaşmagynda) shematiki şeýle şekillendirip bolýar:





Misellalar - kolloid ulgamyň bolejikleri. Olar berlen gurşawda moçberi örän kiçi bolan eremeýän ýadrodan durýarlar. Ol durnuklaşdyryjy adsorbirlenen ionlar we eredijiniň molekulalary bilen gurşalandyr. Misellalaryň ortaça ölçegi 10^{-7} - 10^{-5} cm töweregi bolýar.

ÜIM bolan sabyn kir ýuwujy serişde hökmünde giňden ulanylýar. Şonda sabynyň täsiri kir bolejeklerini gurşap alyp, olary suw erginine geçirmekden ybarat bolýar. Belli bolşy talhy suwda sabyn köpürjiklemeýär. Sebäbi, sabyndaky suwda gowy ereýän ýag kislotasynyň (polimitň, stearin, oleýin) natriý duzlary suwda eremeýän şol kislotanyň kalsiý duzlaryna öwrülýärler:



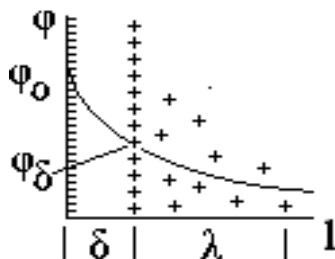
IEG emele gelmesiniň üçünji ýoly faza ara üstün zarýadlar bilen çalyşyk etmäge ukyply bolmadyk maddalardan emele gelmegi bilen bagly bolýar. Şonda IEG galtaşýan fazalaryň polýar molekulalarynyň özara täsiriniň netijesinde olaryň tertipleşmesiniň hasabyna döräp biler.

Şu mehanizm boýunça erginde bar bolan dissosirlenmeýän polýar molekulalaryň adsorbsiýasy netijesinde hem IEG emele gilyar. Erginde elektrolit bolmadyk halatynda iki sany galtaşýan fazalaryň haýsysynyň dielektrik geçirijiligi ýokary bolsa şol faza položitel zarýadlanýar diýip hasap edilýär. Hut şonuň üçin dielektrik geçirijiligi örän uly bolan suw bilen galtaşyp duran maddalaryň köpüsi otirisatel zarýadlanýarlar.

Faza ara üstleriň hemme elektrik häsiýetleri we hadysalar fazalaryň araçäginde IEG barlygy bilen düşündirilýar. IEG gurluşy barada dürli garaýyşlar bolupdyr. Ilki döwürlerde onuň gurluşyny tekiz kondensatoryňka meňzedipdirler. Şonda galtaşýan fazalar araçäginde zarýadlar dürli alamatly ionlar görnüşinde iki hatar bolup ýerleşýärler diýip çak edilipdir. Hakyhatdan-da ionlaryň ýylylyk hereketi bolmadyk şertlerde ikileýin gatlagyň şolar ýaly gurluşy bolup bilmegi mümkin diýip bolýar.

Emma hakyky şertlerde faza araçäginde ionlaryň ýerleşmesi, esasan iki faktora bagly bolýar: ionlaryň arasyndaky elektrostatik dartylma (ionlary tertipleşdirmäge ymtylýar) we ionlaryň ýylylyk hereketi (ionlary tertipsizleşdirmäge ymtylýar).

Häzirki zaman IEG gurluş teoriýasy boýunça garşylyklaýyn ionlar gatlagy iki bolekdendir. Onuň bir bolegi gönümel faza ara üstüň ýanynda ýerleşýär we galyňlygy (δ) gidrotirlenen ionlaryň diametrinden uly bolmadyk **adsorbsiýa gatlagyny** emele getirýär. Beýleki bölegi adsorbsiýa gatladan uzakda, ýagny **diffuziýa bölekde** durýar. Onuň galyňlygy (λ) ep-esli bolup, ulgamyň häsiýetlerine we düzümine bagly bolýar.



Suratdan görnüşi ýaly IEF adsorbsiýa boleginde (δ) potensial gönümel pese düşýär, diffuziýa böleginde bolsa has haýal kiçelýär.

IEG emele gelmesine kondensirlenen fazanyň üstüniň tebigaty, erginde kesgitli ionlaryň bolmagy, olaryň konsentrasıýasy uly täsir edýär.

Demir gidroksidiniň zolunyň kondensasiýa usuly bilen alnyşyna garalyň. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ gidrozoluny almak üçin gaýnap duran distillirlenen suwa demir hloridiniň erginini az-azdan güýýärler.



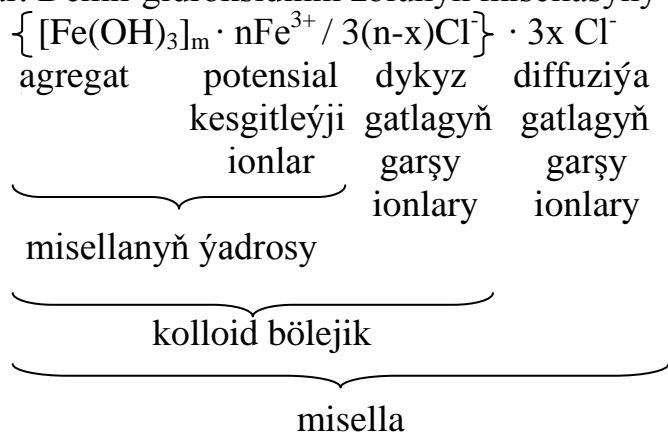
Demir hloridiniň gidrolizi geçip, demir gidroksidiniň suwda eremeýän ýokary dispers bölejikleri emele gelýär. Alnan ýiti gyzyň - goňur reňkli zoly otag temperaturasyna çenli sowadýarlar.

Demir gidroksidiniň zolunyň agregatiw durumlylygy ilki bilen dispers bölejikleriň üstünde ikileýn elektrik gatlagyň döreýänliginiň hasabyna üpjün edilýär. Şolar ýaly zoluň elementar bölejigine **misella** diýilýär. Onuň esasynda berlen dispers gurşawda eremeýän köp sanly molekulalardan (atomlardan) ybarat bolan agregat durýar: $[\text{Fe}(\text{OH})_3]_m$,

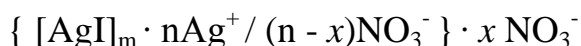
bu ýerde m - agregata girýän molekulalaryň sany

Dispers gurşawdan ionlaryň saýlap- seçilme adsorbsiýasynyň ýa-da agregatyň üst gatlagynda molekulalaryň dissosiýasynyň hasabyna agregatyň üstü zarýadlanyp bilýär. Kada boýunça, esasan agregatyň düzümine girýän ýa-da onuň bilen özboluşly täsirleşýän ionlar adsorbirlenýär. Agregata üst zarýadyny berýän ionlara **potensial kesgitleýjiler** diýilýär. Zarýadlanan agregat misellanyň ýadrosyny düzýär. Demir gidroksidiniň zolunda $\text{Fe}(\text{OH})_m \cdot n\text{Fe}^{3+}$ ýadro Fe^{3+} ionlaryny adsorbirläp položitel zarýada eýe bolýar (n - adsorbirlenen ionlaryň sany). Ýadronyň zarýady ulgamdaky garşylyklaýyn zarýadly ionlaryň, ýagny garşy ionlaryň ekwiwalent mukdardaky zarýady bilen deňagramlaşýar. Ýadronyň üstüne has ýakyn ýerleşýän garşy ionlar elektrostatiği güýçlerden başgada üstüň

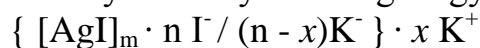
adsorbsion gartylma güýçlerine hem sezewar bolýarlar we **adsorbsion gatlagyň garşy ionlary** diýen ady göterýärler ($n - x$). Garşy ionlaryň beýlekileri tertipsiz ýerleşen ion gatlagyny düzýärler we diffuziýa gatlagyň **garşy ionlary** diýip atlandyrylýar (olaryň sany x). Netijede misella elektrik nukdaý nazardan bitarap bolýar. Demir gidroksidiniň zolunyň misellasyňy şeýle ýazyp bolýar:



Ýenede bir mysal hökmünde ereýjiligi pes bolan kümüş iodidiniň suw erginine garalyň. Eger-de ergine gowy ereýän kümüş nitraty goşulsa kümüş ionlary erginde artykmaçlyk edip, potensial kesgitleýji bolýarlar. Garşy ionlar bolup nitrat ionlar hyzmat edýärler; olaryň bir bölegi dykyz gatlakda ýerleşýärler, beýleki bölegi bolsa-diffuziýa gatlakda. Şolar ýaly ulgam üçin ikileýin elektrik gatlagyň gurluşy:



Eger-de kümüş iodidli ulgama kaliý iodidi goşulsa, onda potensial kesgitleýji bolup iodid - ionlar hyzmat edýär. IEG gatlagyň formulasy:



Görnüşi ýaly K^+ ionlar garşy ionlaryň rolunda bolýar.

6 – nji sapak

Mowzuk: Adgeziýa, suwuklyklaryň öllemesi we ýaýramasy.

Soraglar:

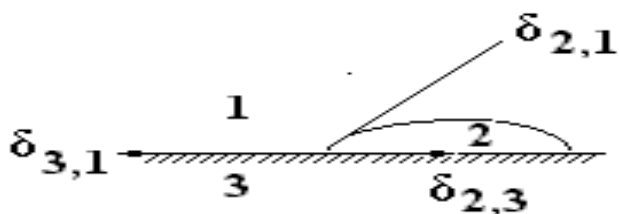
1. Kogeziýa we adgeziýa
2. Olleme we gyra burçy
3. Olleme we ýaýrama
4. Ölleme ýylylygy
5. Içki basyşa dispersligiň täsiri. Kapilýar hadysalary

Geterogen ulgamlarda her bir fazanyň içindäki bölejikleriň özara täsiri dürli fazalaryň bölejikleriniň arasyndaky täsirden tapawutlanýar. Atomlaryň we molekulalaryň berlen fazanyň içindäki dartuşmasyna **kögeziýa** (latynçadan - baglanan diýen manyny berýär) diýilýär. Kogeziýa maddanyň kondensirlenen ýagdaýynda (suwuk ýada gaty) bolmagyny şertlendirýär. Kogeziýa güýçlerini kähalatlarda **dartylma güýçleri** diýip hem atlandyrýarlar.

Adgeziya, ölleme we ýaýrama diýen ýaly düşüňjeler diňe kondensirlenen fazalaryň arasynda ýüze çykýan faza ara tasirleşmelere digişlidir. Tebigaty boýunça dürli bolen kondensirlenen jisimleriň galtaşdyrylan üstleriniň arasyndaky özara täsire **adgeziya** (latynçadan-ýelmeşme) diýilýär. Adgeziya fiziki ýa-da himiki molekula ara güýçleriň hasabyna iki sany jisimiň kesgitli berklikde birleşmegini üpjün edýär.

Ölleme we ýaýrama diýen düşüňjelerini ulanmaklyk fazalaryň iň bolmanda biriniň suwuk halynda bolmagynda ýerlikli bolýandygyny hem-de kogeziya özara täsiri bilen kesgitlenýändigini bellemek gerek.

Adgeziya we ölleme tebigatda we halk hojalygynyň dürli pudaklarynda giňden ýaýran hadysadyr. Metallary ýelmemek, lakdyr - reňk örtgülerini örtmek, berkidijileriň we doldurjylaryň esasynda dürli materiallary (rezina, beton, aýnapplastikasy we başgalar) almak, metallary kebşirmek, boýag işlerini geçirmek ýaly prosesleriň hemmesi adgeziya we ölleme bilen baglanyşykly bolýarlar (alynýan harytlaryň, beýleki önümleriň köp derejede hili kesgitlanýär).



Ölleme üst hadysasy bolup, öz aralarynda garyşmaýan üç sany fazanyň (olaryň biri, adaty gaz, ýagny howa bolýar) bir wagtda galtaşýan şertlerinde gaty ýa-da beýleki suwuk jisim bilen özara täsirinden ybaratdyr. **Ölleme derejesi** mukdar tarapdan ölçeg birligi bolmadyk ululyk bölup, **ölleme burçunyň kosinusy** bilen häsiýetlendirilýär.

Suwuklygyň sähelçe mukdary, mysal üçin bir damjasy, şol suwuklyk bilen garyşmaýan, dykyzlygy has ýokary bolan suwuklygyň üstüne ýa-da gaty jisimiň üstüne damdyrlanda iki dürli hadysa gözegçilik edip bolýar. Birinde damdyrlan suwuklyk beýleki fazanyň üstünde damja görnüşinde galýar. Ikinji ýagdaýda bolsa damja üst tekizligine ýaýraýar. Birinji ýagdaýda näme üçin damja ýaýramaýar? Şonuň sebäplerine garalyň. Suratda gaty jisimiň (3) üstünde duran suwuklyk damjasy (2) görkezilen. Gaty jisimiň üst energiýasy peselmege ymtylyp damjany üst tekizligi boýunça dartýar. Şol energiýa gaty jisimiň howa bilen araçägindäki üst dartyлма ($\delta_{3,1}$) deň.

Gaty jisim bilen suwuklygyň araçägindäki faza ara energiýa ($\delta_{2,3}$) bolsa, tersine damjany gysmaklyga ymtylýar, ýagny üst meýdanynyň kiçelmeginiň hasabyna üst energiýa azalýar. Suwuklygyň ýaýramasyna damjanyň içinde täsir edişýän kogeziya güýçleri päsgelçilik berýär. Kogeziya güýçleri gaty, suwuk we gaz fazalaryň araçäginde damjanyň üstüne geçirilen galtaşma çyzyk boýunça ugrukdyrlan bolýar we $\delta_{2,1}$ deň. Galtaşma çyzygyň gaty jisimiň üst tekizligi bilen emele getirýän burçuna (θ , grek elipbiýinde teta harpy) ölleme burçy ýa-da gyra burçy diýilýär. Üst dartyлmasyna meýdan birligine düşýän energiýa (J/m^2) ýa-da

uzynlyk birligine düşýän güýç (N/m) hökmünde garap bolýanlygy sebäpli üst energiýasynyň düzüjilerini wektor güýçleriň kömegi bilen aňlatmak bolýar. Onda deňagramlylyk şert üçin:

$$\delta_{3,1} = \delta_{2,3} + \delta_{2,1} \cdot \cos \theta$$

öllemeginiň mukdar häsiýetnamasy:

$$\cos \theta = \delta_{3,1} - \delta_{2,3} / \delta_{2,1}$$

Burç θ näçe kiçi bolsa, şonça-da $\cos \theta$ uly, şonça-da ölleme ýokary bolýar. Burç θ ýiti bolanda, ýagny $\cos \theta > 0$ şertde üst berlen suwuklyk bilen oňat öllenýär diýip hasap edilýär we onuň tersine, ýagny $\cos \theta < 0$ bolsa berlen suwuklyk üsti öllemeýär. Käbir gaty jisimleriň suw bilen öllenmesi degişli gyra burçlary:

kwars 0° , malahitde 17° , grafitde 55° , parafinde 106°

bilen häsiýetlendirilýär.

Belli bolan materiallardan suw bilen iň erbet ölenýäni teflon, onuň öllenme burçy 108° deňdir.

Şol bir üst dürli suwuklyklar bilen deň derejede öllenmeýär. Adatça, polýarlygy öllenýän maddanyňky bilen deňiräk bolan suwuklyk berlen üsti gowy ölleýär (olar ozaralarynda güýçli täsir edişýärler).

Gaty jisimiň üstüne birek-birekde eremeýän iki sany suwuklyk damdyrlanda olaryň arasynda emele gelýän gyra burşy boýunça ol suwuklaryň berlen jisimi öllemäge bolan ukybyny deňeşdirip bolýar. Adatça, deňeşdirmäni suwa görä geçirýärler.

Mysal üçin, metal oksideriniň we gidroksideriniň, silikatlaryň, karbonatlaryň, sulfatlaryň üstleri gidrofil bolýarlar, başgaça aýdylanda suw bilen gowy öllenýärler. Düzümünde uglewodorod toparlary köp bolan organiki birleşmeler, metal sulfidleri we başgalar gidrofob üstlere eýedirler (suw bilen öllenmeýärler).

Gyra burçy ölçemegi sadaja usul bilen geçirmek örän amatly bolýar: ýagtylyk şöhlesi bilen damjanyň ekranda proeksiýasyny alýarlar we şol ýerde gyra burçy ölçeyärler.

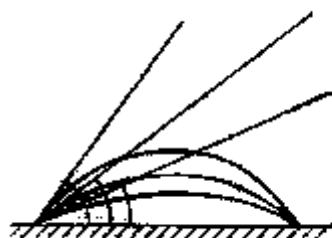
Adgeziýa baglanyşygyň emele gelme prosesini, adatça iki basgançaga bolýarlar: ilkinji basgançagynda adgeziwiň (ýelmenilýän madda) molekulalarynyň substratyň (adgeziw örtülýän jisim) üstüne tarap hereketi we faza ara gatlakda oňaýly ornamasy geçýär.

Netijede adgeziwiň we substratyň molekulalarynyň arasynda ýakyn galtaşma üpjün edilýär. Bu basgançagyň amala aşmasyny temperaturanyň we basyşyň ýokarlandyrylmasy, şeýle-de adgeriwiň suwuk halyna geçirilmesi çaltlaşdyrýar. Özara galtaşýan üstleriň örän arassa bolmagy adgeziw bilen substratyň arasyndaky galtaşygyň jebis bolmagyny üpjün edýän esasy şertleriň biridigini ýatda saklamaly.

Adgeziýanyň ikinji basgançagynda adgeziw bilen substratyň gönümel özara täsiri geçýär. Ol täsirleşme Wan-der-Waalsdan başlap himiki güýçlere çenli bolan güýçler bilen şetlendirilýär. Kowalent baglanyşyk güýçleri atomlaryň we molekulalaryň arasynda diňe 0,5 nm uly bolmadyk uzaklykda ýüze çykyp başlaýarlar. Ion we Wan-der-Waals güýçleriň täsiri bolsa has uzak aralykda

(1÷100 nm) ýüze çykýar. Bu deňşdirmeden adgeziýa prosesiniň birinji basgançagynyň nähili zerurlygy aýdyň görünýär. Galtaşýan fazalaryň molekularynyň özara täsirleşmesi bilen tamamlanýar. Şonda faza (üst) ara energiýa iň pes bahasyna eýe bolýar. Gaty maddalar ýelmeşdirlende bu basgançakda adgeziw gataýar.

Gaty jisimleriň üsti, adatça bitewi bolmaýar (dürli şerohowatosti, öýjükler, jaýryklar bar). Şol sebäpli üstdäki damjanyň gyra burçyny kesgitlemeklik kynalýar. Gaty jisimiň üstüne damdyrlan suwuklygyň gyra burçy wagtyň geçmegi bilen üýtgeýär. Başgaça aýdylanda damja deňagramlylyk formasyny alýança wagt gerek bolýar. Ony ölleme gisterezisiniň ýüze çykýanlygy bilen düşündirýärler. Analiz edip hakyky onuň hakyky sebäbini anyklap bolýar. Gaty jisimiň molekularynyň erkin ýylylyk hereketiniň ýoklygy bilen şertlenýän kinetiki gisterezise garalyň.



A



B

Surat A. Damjanyň gyra burçynyň onuň möçberine baglylygy: 1 - akgyn burçy; 2-deňagramlylyk burçy; 3 - gaýtgin burçy;

Surat B. Üst gyşaranda gyra burçyň üýtgeýşi: 4 - gaýtgin burçy; 5 - akgyn burçy.

Gaty jisim suwuklyk bilen öllenende gyra burçy iki görnüşe bolýärler:
ulalma we kiçelme gyra burçlery (suratlara seret)

Bu burçlaryň döreýşine ýönekeýje tejribe geçirip göz ýetirip bolýar. Gaty jisimiň üstünde deňagramlylyk gyra burçyny emele getiren suwuklyk damjasynyň üstüne şol suwuklykdan azajyk goşýarlar, ýa-da ondan aýyrýarlar. Suratdan görnüşi ýaly olaryň ikisinde-de suwuklygyň tutýan meýdany bada-bat üýtgemeyärde, diňe statiki diýip atlandyrylýan gyra burçy degişlilikde ulalýar ýa-da kiçelýär. Damja ulalanda ulalma gyra burçy, kiçelende bolsa kiçelme gyra burçy döreýär. Ulalma we kiçelme gyra burçlarynyň emele gelişine damja damdyrylan plastinkany çalaja gyşardyp (surat B) seretmek has amatly bolýar. Şonda damjanyň aşak böleginde ulalma burçy, ýokarky böleginde bolsa kiçelme burçy emele gelýär. Adatça bu düşüňjeler bilen şol burçlaryň aňrybaş bahalaryny aňladýarlar, başgaça aýdylanda ulalma burçynyň maksimal ululygyny, kiçelme burçynyň bolsa minimal ululygyny göz önünde tutýarlar. Şol burçlara ýetilende damjanyň tutýan meýdany üýtgäp başlaýar; ulalma burç maksimum bahasyna ýetende ol ulalýar, kiçelme burç minimum bahasyna ýetende ol kiçelýär.

Ölleme ýylylygy diýip suwuklygyň beýleki suwuklygyň ýa-da gaty jisimiň üsti bilen özara täsirleşmesinde bölünip çykýan ýylylyga düşünilýär. Ölleme we adgeziýa üst energiýanyň peselmegi bilen geçýän özakynlaýyn proseslerdir. Ölleme ýylylygy ulgamyň öllemeden soňky we öňki entalpiýalarynyň tapawudyna deňdir:

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

Ýokarda bellişimiz ýaly üste damdyrlan suwuklyk damjasy üstüň kesgitli ýerinde deňagramlylyk ýagdaýda durar, ýa-da ol üst boýunça ýaýrar. Bularyň ikisinde hem ulgam minimum Gibbs energiýaly ýagdaýy kabul edýär. Eger-de damja ýaýramasa, öňki sapakda görkezişimiz ýaly, gyra burç adgeziýa (W_a) we kogeziýa (W_k) işleriniň gatnaşygyna bagly bolýar. Indi damjanyň üst boýunça ýaýrama şertine garalýň. Ýaýrama gyra burç $\sigma \leq 0$ bolan halatda geçýär.

Onda

$$\delta_{3,1} \geq \delta_{2,3} + \delta_{2,1}$$

Bular ýaly şertde ölleýän suwuklyk bilen başga jisimiň üstüniň arasynda deňagramlylygyň bolmagy mümkin däl, şol sebäpli suwuklyk ýaýraýar. Alnan gatnaşykdan faza ara dartylmanyň $\delta_{2,3}$ peselmegi we suwuklygyň üst dartylmasyň $\delta_{2,1}$ peselmegi suwuklygyň öllenýän jisimiň üstünde ýaýramasyna oňaýly täsir edýänligi gelip çykýar.

Eger-de bu deňlemäni öňden belli bolan deňleme

$$W_a = \delta_{2,1} + \delta_{3,1} - \delta_{2,3}$$

bilen deňeşdirsek suwuklygyň ýaýrama şertiniň şeýle

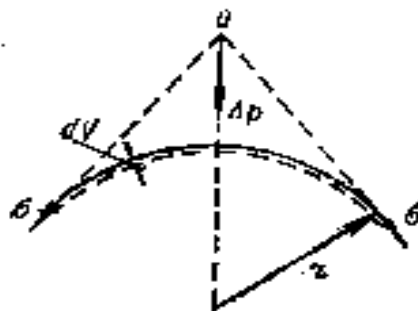
$$W_a - \delta_{2,1} \geq \delta_{2,1} \quad \text{ýa-da} \quad W_a \geq 2\delta_{2,1}$$

görnüşde ýazgysyny alyp bolýar.

Şeýlelikde adgeziýa işi ýaýraýan suwuklygyň kögeziýa güýşinden uly bolan halatda ýaýrama geçýär. Başgaça aýdylanda suwuklykda molekulalaryň arasyndaky baglanyşyklar adgeziýanyň hasabyna dargaýan halatynda suwuklyk ýaýraýar.

Derýalarda, deňizlerde, köllerde suwuň üstüniň bitewi we tekizdigini bilýäris. Ony agyrlyk güýjiň täsiri bilen düşündirýärler. Suwuklygyň mukdarynyň azalmagy bilen agyrlyk güýjiň roly peselýär, üst energiýanyň roly bolsa ýokarlanýar. Bu ýokarlanma suwuklygyň üstünde berlen göwrümde üst meýdanyny kiçeldýän egriligiň emele gelmegi bilen ýüze çykýar.

Damja şekilli suwuklygyň ýagdaýyna garalyn: Jisimiň radiusy r bolan üst, egriligin ýüze çykmagy bilen goşmaça içki basyş Δp döreýär. Ony shematiki görnüşde şeýle şekillendirip bolýar:



Suratdan görnüşi ýaly ol basyşy "O" nokatda birleşýän üst dartilmanyň (δ) deň täsir ediji güýji hökmünde kabul edip bolýar. Deň täsir ediji güýç egriligiň merkezinde üste perpendikulýar ugrukdyrlan bolýar. Meýdan birligine görä alnan şol güýç bolsa goşmaça basyş bolýar.

Egriligiň merkezi suwuklygyň içinde-de (položitel egrilik), suwuklygyň daşynda-da (otrisatel egrilik) ýerleşip bilýär. Goşmaça basyş ilkinji ýagdaýda suwuklygyň içki energiýasyny ulaldýar, ikinjide bolsa ony peseldýär. Ol ýagdaýlaryň ikisinde-de suwuklygyň gysylmasy we dartylmasy üst energiýanyň (üst meýdanynyň) öz-özünden kiçelmesiniň hasabyna geçýär.

Jisimiň göwrüminiň kiçelmesi boýunça bitirilýän işi $\Delta p \cdot dV$ köpeltmek hasyly aňladyp bolýar; bu ýerde dV - jisimiň göwrüminiň üýtgemesi. Bu iş üst energiýasynyň δds öz-özünden kiçelmesiniň hasabyna bitirilýänligi sebäpli üst energiýanyň mehaniki energiýa öwürülme prosesini termodinamikanyň kanuny easynda şeýle

$$dA = - \Delta p \cdot dV + \delta ds$$

ýazyp bolýar. Deňagramlylyk şert üçin, ýagny $dA = 0$ bolanda alýarys:

$$\Delta p \cdot dV = \delta ds \text{ ýa-da}$$

$$\Delta p = \delta \cdot ds/dV$$

bu ýerde Δp - egri we tekiz üstli jisimiň içindäki basyşlaryň tapawudy;
 ds/dV - üstüň egriligi.

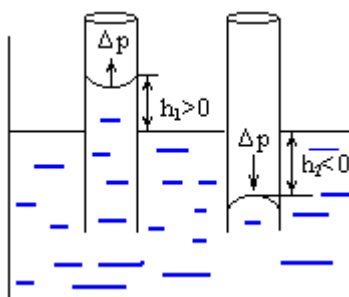
Soňky deňleme umumy görnüşde üst egriliginiň içki basyşa täsirini görkezýär. Üst dartylma näçe uly bolsa şonça-da egriligiň täsiri ýokary. Eger-de üst togalak görnüşde bolsa:

$$ds/dV = \pm 2/r$$

Onda $\Delta p = \pm 2/r$, bu ýerde $1/r$ jisimiň disperligini aňladýar. Görnüşi ýaly disperslik näçe uly bolsa, şonçada içki basyş uly. Beýle diýildigi damja näçe kiçi bolsa, onuň şonçada togalak şekil almaga ymtylmasy ýokary.

Üst energiýanyň kiçelmäge ymtylmasy suwuklygyň üstünde egrelme döredýär. Beýle diýildigi üst energiýa bilen jisimiň şekiliniň arasynda baglanyşyk bar diýen çaklama getirýär.

Kapilýar hadysalaryna garalyň. Kapilýar hadysalaryna diwarlarynyň arasy suwuklygyň üstüniň egriliginiň radiusy bilen deňeçirräk bolan içi suwuklykly inçejik gaplarda syn edip bolýar (mesal üçin, kapilýarlarda, kapilýar- öýjük jisimde). Üst egriligi bolsa gabyň diwarlarynyň suwuklyk bilen özara täsiriniň (adgeziýa, ölleme) netijesinde döreýär. Kapilýar gaplarda suwuklygyň özüni alyp barşy onuň gabyň diwarlaryny ölläp bilmek ukybyna bagly bolýar.



Suratda iki sany dürli kapilýarda suwuklygyň beýjiklik derejesiniň üýtgeýşi görkezilen. Olaryň birinjisi liofil üstli, öllenýär; ikinjisi bolsa biofob üstli, öllenmeýär. Birinji kapilýarda suwuklygyň üsti ötrisetel egrilikli, şonuň üçin goşmaça basyş suwuklygy tekizlemäge ymtylýar (basyş egriligiüň merkezine ugrugan) we ony ýokaryk galdyrýar. Ikinji kapilýarda suwuklygyň üstüniň egriligi položitel, goşmaça basyş suwuklygyň içine ugrugan, netijede suwuklyk kapilýarda pese düşýär. Deňagramlyk ýagdaýynda basyş beýikligi h bolan suwuklyk sütüniň gidrostatiki basyşyna deň bolýar :

$$\Delta p = \pm 2 \sigma / r = (\rho - \rho_0) g \cdot h,$$

bu ýerde ρ - suwuklygyň dykzlygy; ρ_0 - gaz fazanyň dykzlygy; g - erkin gaçma tizlenme $9,8 \text{ m/s}^2$; r - meniskin radiusy.

Durmuşda käbir belli bolan üýtgeşmeler suwuklyklaryň kapilýar göterilme hadysasy bilen düşündirilýär. Mysal üçin, kagyzy, matalary suwuklyk bilen doýgumlaşdyrmak. öýjüklerde suwuklygyň kapilgar göterilmesi bilen bagly bolýar, matalaryň suw siňdirmeyişleri olaryň gidrofoblyk häsiýetleri bilen üpjün edilýar, şonda otrisetel kapilýar göterilme döreýär; toprakdan suwuň agaçlagyň sapaklarynyň gurluşlarynyň hasabyna ýokaryk galmasy; gan damarlarda ganyň aýlanmasy bilen bagly bolan prosesler.

7 – nji sapak

Mowzuk: Adsorbsiýa özara tasirleşmele

Soraglar:

1. Adsorbsiýanyň görnüşleri:

- fiziki adsorbsiýa
- himiki adsorbsiýa
- nätekiz ýerde adsorbsiýa

Termodinamiki mukdaý nazardan adsorbsiýa maddalaryň himiki potentsiallarynyň ulgamyň içinde we faza ara (üst) gatlakda ozakymlaýyn deňleşme prosesidir. Bu proses üst energiýasynyň ýa-da tutuş ulgamyň Gibbs energiýasynyň minimuma ymtylmasynyň hasabyna geçýär.

Adsorbsiýa prosesine adsorbatyň molekulalarynyň adsorbentiň üstüniň işjeň merkezleri bilen özara täsiri hökmünde garamak bolýar. Bu hadysa şeýle garamaklyk ýeterlik derejede umumy hem-de amatly bolýar. Eger-de adsorbat bilen adsorbentiň arasynda himiki özara täsir geçmeýän bolsa, adaty adsorbsiýa üst güýçleriň meýdanynyň deňagramlaşmasynyň hasabyna ulgamyň üst

energiýasynyň özakymyna kiçelmeginiň netijesi bolýar. Himiki adsorbsiýada bolsa adsorbent bilen adsorbatyň arasynda himiki baglanyşyk döreýär we olaryň her biriniň özüne mahsus bolan aýratynlygy ep-esl derejede ýitýär.

Adsorbsiýa proseslerini adsorbat bilen adsorbentiň özara täsiriniň görnüşlerine laýyklykda toparlara bolýärler. Fiziki-himiki nykdaý nazardan toparlara bölmeklik, ulgamyň göwrümi bilen üst gatlagynyň arasynda komponentleriň gaýtadan ýaýramasy adsorbat bilen adsorbentiň arasynda fiziki güýçleriň täsiri astynda ýa-da geçýän himiki reaksiýanyň netijesinde bolup biler diýen taglymata esaslanýar. Şonda himiki reaksiýany atomlaryň (molekulalaryň) himiki birleşmesi ýa-da ion çalyşma özara täsir ýaly göz önüne getirmek mümkin. Şeýlelikde adsorbsiýany üç görnüşe bölup bilýar: fiziki (molekulýar), hemosorbsiýa we ion çalyşma.

Gazlaryň we bugyň fiziki adsorbsiýasyna galalyň. Fiziki adsorbsiýa üçin adsorbent bilen adsorbatyň özara täsiri Wan-dar-Waals güýçleriniň we wodorod baglanyşygynyň hasabyna amala aşýar: şol adsorbsion güýçler dartylmany üpjün edýärler.

Adsorbsiýada adsorbatyň atomynyň (molekulasynyň) adsorbentiň üsti bilen ýagny adsorbentiň düzümine girýän köp sanly atomlar (molekulalar) bilen özara täsiri ýüze çykýar. Şol özara täsiriň umumy energiýasy (U_{ads}) adsorbat bilen adsorbentiň üstüne çenli aralyga (x) bagly:

$$U_{ads} = -\pi Cn/(6x^3)$$

Görnüşü ýaly adsorbsiýada dartyлма güýç aralygyň (x) ulalmagy bilen kemelýär.

Himiki adsorbsiýa, ýa-da hemosorbsiýa fiziki adsorbsiýadan adsorbent bilen adsorbatyň arasyndaky güýçleriň himiki tebigatynyň barlygy bilen tapawutlanýar. Hemosorbsiýada başdaky komponentleriň özlere mahsus bolan aýratynlyklary ýitip bilýär. Hemosorbsiýada özara täsirleşme energiýasy $40\div 400$ kJ/mol töweregi bolýar: fiziki adsorbsiýanyň energetiki effektinden ($10\div 40$ kJ/mol) has ýokary.

Eger-de hemosorbsiýa pes ýylylyk effekti bilen geçýän bolsa, onda onuň bilen bir wagtda energiýany talap edýän prosesini hem (mysal üçin, üstde adsorbatyň molekulalarynyň dissosiasy) geçýänligini aňladýar. Şonuň üçin fiziki we himiki adsorbsiýalaryň arasynda hem, edil, adaty fiziki we himiki özara täsirleşmeleriň arasynda bolşy ýaly, anyk araçäk goýup bolmaýar. Fiziki adsorbsiýa uniwersallygy we özboluşlylygy häsiýetiniň pes bolmagy bilen tapawutlanýar. Hemosorbsiýa, adaty üst himiki birlismäniň emele gelmegine getirýän özara täsiriň özboluşlylygy bilen häsiýetlendirilýär. Güýçli geçýän hemosorbsiýa, köplenç öwrülišiksiz bolup, adsorbirlenen maddanyň ýerine başga birleşme desorbirlenip hem bilýär.

Köp halatda hemosorbsiýadan ön fiziki adsorbsiýa geçýär. Oňa mysal edip kömürde kislorodyň adsorbsiýasyny görkezip bolýar. Temperatura (-200°C) töweregi bolanda kislorod fiziki täsirleşmeleriň hasabyna öwrülišikli adsorbirlenýar: adsorbsiýa ýylylygy ($-15,5$ kJ/mol) deň. Otag temperaturasynda kislorodyň käbir bolegi öwrülišiksiz adsorbirlenýär: adsorbsiýa ýylylygynyň (-290 kJ/mol) töweregi bolmagy himiki reaksiýanyň geçýänligine şaýatlyk edýär. CO we

CO₂ desorbirlenýär. Uglerodyň üst atomlarynyň kislorod bilen özara täsiriniň hasabyna olaryň ugleridyň beýleki atomlary bilen baglanyşygynyň mäkämliigi çürt kesik kiçelýär.

Şol sebäpli uglerodyň kislorod bilen birleşmesi kisloroda görä ýeňil üzülýär. Aýdylanlardan görnüşi ýaly hemosorbsiýa geterogen reaksiýanyň sadaja mysaly bolýar. Bular ýaly baglanyşyk adsorbsiýada dartyлма energiýasynyň örän haýal peselýändigini we adsorbsiýa güýçleriniň uzak ara täsir edýänligini görkezýär.

Adsorbsiýa özara täsirleşmäniň tebigatyna garalanda möhüm netijeleriň biri, esasan dispersion özara täsiriň hasabyna maddanyň jaýryklarda we öýjüklerde adsorbirlenmesiniň has oňaýly bolýandygy baradaky netijedir. Onuň sebäbini adsorbirlenýän molekulanyň ýakynynda gaty jisimiň köp sanly atomlarynyň barlygy bilen düşündirýärler. Eger-de adsorbsiýa özara täsirleşmede elektrostatik güýçler uly bolsa, onda deşiklerde we öýjüklerde položitel we otrisatel zarýadlar birek-biregi deňagramlaşdyrýarlar (kompensirleýärler). Şol sebäpli ýokary potensial diňe depelerde (çykytlarda) bolýar, şol ýerlerde hem adsorbsiýa geçýär (esasan wodorod baglanyşyklaryň emele gelmeginde).

Adsorbsiýa adsorbent bilen adsorbentiň özara täsirleşme prosesi hökmünde garalanda adsorbsiýanyň dürli mehanizmlerini hasaba almaly bolýar. Adsorbsiýa meýdanynyň aýratyn bölekleriniň işjeňligi öz-özünden deňleşýän şertleri ýerine ýetirilýän suwuklyk - gaz ýa-da suwuklyk-suwuklyk araçäkde geçýän adsorbsiýa üçin kada-kanunlaryň alnyşyna garalyň. Gaty jisimiň üsti, adaty geometriki (öýjüklik) we himiki deň bolmaýar: adsorbsiýanyň ýönekeýje kada-kanunlaryny almak üçin adsorbentiň üsti birmeňzeş we adsorbatyň şol ýerde paýlanmasy monomolekulýar gatlakda geçýär diýip hasp etmeli bolýar. Eger-de üst gatlagy aýratyn faza hökmünde göz önünde tutulsa, maddanyň gaýtadan paýlanmasyny öňüň himiki potensialynyň adsorbsiýa gatlakda (μ_g) we göwrüm fazada (μ) deňleşmesi hökmünde garap bolýar.

$$\mu_g = \mu_g^0 + RT \ln a_g \text{ we } \mu_g = \mu_g^0 + RT \ln a$$

Adsorbsiýanyň netijesinde:

$$\mu_g = \mu$$

Onda

$$\mu_g^0 + RT \ln a_g = \mu^0 + RT \ln a$$

$$RT (\ln a_g - \ln a) = -(\mu_g^0 - \mu^0)$$

$$\ln a_g/a = -(\mu_g^0 - \mu^0)/RT;$$

$$a_g/a = \exp(-\mu_g^0 - \mu^0/RT) = K_\Gamma$$

bu ýerde μ_g^0 we μ^0 - adsorbsiýa gatlakda we göwrüm fazada deňşlilikde paýlanýan maddanyň standart himiki potensialy; a_g we a - şol maddanyň deňşlilikde işleňlikleri; K_Γ - paýlanma koeffisiýenti, oňa Genri konstantasy diýilýär.

Elektrolit däller üçin $a = \gamma c$, onda

$$A \gamma_g/c\gamma = K_\Gamma,$$

$$a = K_\Gamma c\gamma/\gamma_g$$

ýa-da

$$D = A/c = K_\Gamma c\gamma/\gamma_g$$

bu ýerde A - adsorbsiýanyň ululygy, ýagny adsorbsiýa gatlakda adsorbatyň konsentrasiýasy; γ_g we γ - adsorbatyň işjeňlik koeffisiýentleri; D - paýlanma koeffisiýenti.

Söňky deňlemeler umumy görnüşde adsorbsiýanyň izotermasyny aňladýar. Emma işjeňlik koeffisiýentleriň γ_g we γ we adsorbsiýanyň ululygynyň (A) konsentrasiýa baglydyklaryny bellemek gerek.

Tükeniksiz göwşak erginlerde işjeňlik koeffisiýetiniň bire deň ($\gamma_g = \gamma = 1$) bolýanlygy sebäpli, söňky deňlemeden şeýle kanunalaýyklygy alyp bolýar: ulgam göwşadylanda paýlanma koeffisiýenti (D) hemişelik baha, ýagny Genri konstantasyna ymytlýar. Onda adsorbsiýanyň ululygyna görä Genri kanunyny şeýle ýazýarys:

$$A = K_{\Gamma} c; A = K_{\Gamma} p$$

bu ýerde p - gazyň basusy.

Alnan deňlemeler maddanyň kiçi konsentrasiýalary üçin adsorbsiýa izotermasydyr: adsorbsiýanyň ululygy (A) pes konsentrasiýalarda konsentrasiýa göni proporsionaldyr.

8 – nji sapak

Mowzuk: Bir jynsly (tekiz) üstde gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasy

Soraglar:

1. Adsorbsiýanyň termodinamiki parametrleriniň arasynda baglanyşyk
2. Tekiz üstde adsorbsiýa
3. Monomolekulýar adsorbsiýa. Lengniýur adsorbsiýa izotermasy.

Adsorbsiýanyň Gibbs energiýasynyň, entalpiýasynyň we entropiýasynyň arasynda termodinamiki gatnaşyk bar:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

p we $T = \text{const}$ şertlerde prosesin özakymlaýynlygy $\Delta G < 0$ şert bilen häsiýetlendirilýär. Gazyň we buguň adsorbsiýasynda entropiýa hem kiçelýär: $\Delta S < 0$. Sebäbi, molekulalaryň erkin hereketi çäklenýär. Onda deňlemeden görnüşi ýaly adsorbsiýada entalpiýanyň kiçelýändigini ($\Delta H < 0$) hem gelip çykýar. Şeýlelikde gazyň we buguň adsorbsiýasy ekzotermiki proses bolýar. Bu prosesin deňagramlyk konstantasy bilen standart Gibbs energiýasynyň arasynda

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

matematiki baglanyşyk bar.

Adsorbsiýanyň entalpiýasyny deňagramlyk konstantasynyň temperatura baglylygyny öwrenip, deňleme

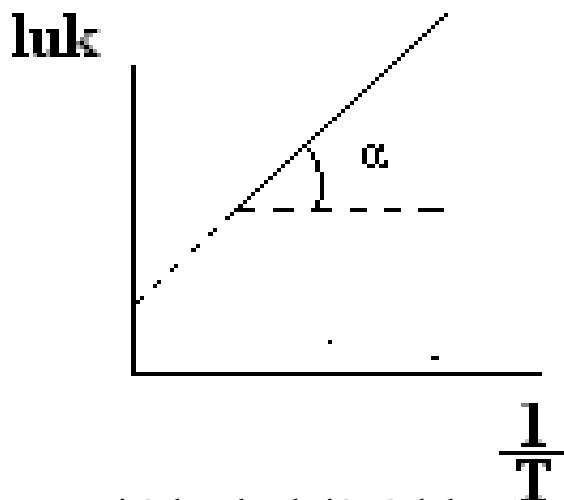
$$d \ln K / dT = \Delta H^0 / (RT^2)$$

boýunça hasaplap bolýar. Bu deňlemäni grafiki integrirläp alyp bolýar:

$$\ln K = \Delta H^0 / R \cdot 1/T + \text{const}$$

$$\text{tg} \alpha = - \Delta H^0 / R$$

$$\Delta H^0 = -R \cdot \text{tg} \alpha$$



Suratdan görnüşi ýaly adsorbsiýa ýylylygyn bölünip çykmagy ($\Delta H^0 < 0$) bilen geçýär. Adsorbsiýanyň entropiýasy

$$\Delta S^0 = (\Delta H^0 - \Delta G^0) / T = (\Delta H^0 - RT \ln K) / T$$

Bu hasaplamalarda (adsorbsiýanyň energetiki parametrleri) adsorbentiň üsti energetiki nukdaý nazardan tekiz diýip kabul edilýär, hem-de ol ýerde adsorbatyň monomolekulýar gatlagy emele gelýär diýip alynýar. Eger-de adsorbsiýa nätekiz ýerde geçýän bolsa, onda reaksiýa has ukyply adsorbsiýa merkezleri çalt dolarlar. Netijede adsorbsiýanyň energetiki parametrleri adsorbat bilen üstün dolma derejesine bagly bolar.

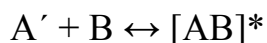
Tekiz üstde adsorbsiýa, esasan adsorbentiň we adsorbatyň tebigatyna hem-de olaryň özara täsirleşme ukybyna bagly bolýar. Adatça, adsorbent bilen adsorbatyň tebigaty boýunça birmeňzeş bolan baglanyşykly emele getirmäge mümkinçiligi ýokary bolsa, şonça-da olaryň özara täsiri güýçli bolýar diýip hasap edilýär (mysal üçin, dispersion özara täsire ýa-da dipol-dipol ýa-da wodorod baglanyşygyny emele getirmäge ýa-da güýçi himiki özara täsirleşmelere).

Grafitlenen gurumyň tekiz üsti disperssion özara täsire meýilli bolany sebäpli ol ýerde organiki polýar däl birleşmeler güýçli adsorbirleýärler (molekulýar massasynyň uly bolmagy has-da oňaýly täsir edýär). Ion kristallaryň üsti dipol molekulalary bolan birleşmeler bilen oňat täsirleşýärler. Elementleriň oksidleriniň üstünde, adatça gidroksid toparlarlar ýerleşýärler. Olar wodorod baglanyşygyny emele getirmäge ukyply bolýarlar. Şol sebäpli bular ýaly ýerde suw, spirtler, aminler we başgalar berk adsorbirleýärler.

Lengmýur adsorbsiýanyň mehanizmi barada teoriýa hödürleň. Ol teoriýa Genri kanunyndan, adsorbsiýa göwrüminiň ýa-da adsorbentiň üstüniň çäkliligi bilen bagly bolan gyşarmalary hasaba almaga mümkinçilik berýär. Şol parametriň çäkliligi paýlanýan maddanyň konsentrasiýasynyň köpelmegi bilen adsorbentiň üstüniň adsorbsion doýgunlaşma getirýär. Şu bellik Lengmýur teoriýasynda esasy bolýar we aşakdakylar bilen takykklanýar:

- 1) adsorbsiýa aýratyn adsorbsion merkezlerde ýygananan (üst boýunça molekulalar süýşmeýärler), olaryň her biri diňe adsorbatyň bir molekulasy bilen täsir edişýär-monomolekulýar gatlak emele gelýär,
- 2) adsorbsion merkezler energetiki ekwiwalentdirler,
- 3) adsorbirlenen molekulalar özaralarynda täsirleşmeýärler.

Izoterma deňlemesiniň alnyşyna gaalyň; şonda paýlanýan komponent (B) bilen adsorbsion merkeziň (A') arasynda himiki reaksiýa meňzeş adsorbsiýa prosesi geçýär diýip kabul edilýär:



bu ýerde $[AB]^*$ - üstde emele gelýän kompleks.

Paýlanýan B maddanyň konsentrasiýasynyň köpelmegi bilen reaksiýa kompleksiň emele gelýän tarapyna süýşýär: boş adsorbsion merkezler azalýar. Adsorbsiýa deňagramlylygynyň konstantasy:

$$K = c'_{AB} / c'_A \cdot c_B$$

bu ýerde $c'_{AB} = A$ we $c'_A = A_0 = A_\infty - A$; adsorbsiýanyň ululygy (üst gatlakda paýlanýan maddanyň konsentrasiýasy); A_∞ - adsorbsion monogatlagyň sygyny (üst meýdanynyň birligine düşýän adsorbsion merkezleriň sany); A_0 - boş galan adsorbsion merkezleriň sany.

Soňky gatnaşyklary bilelikde çözüp alýarys:

$$K = A / (A_\infty - A) \cdot c \quad \text{ýa-da} \quad A = K A_\infty \cdot c - K A c$$

alnan deňlemäni A boýunça hasaplaýarys:

$$A + K A c = A_\infty K c;$$

$$A(1 + K c) = A_\infty K c;$$

$$A = A_\infty K c / (1 + K c) - \text{Lengmýur adsorbsion izoterma deňlemesi.}$$

Paýlanýan madda gaz we bug görnüşde bolsalar, Lengmýur izotermasyny şeýle ýazyp bolýar:

$$A = A_\infty K \cdot p / (1 + K_p \cdot p)$$

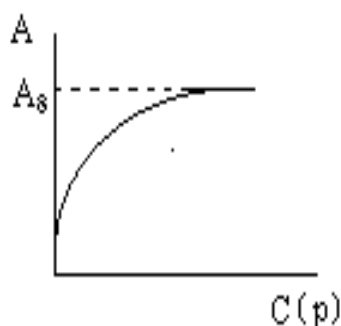
Bu deňlemelerde adsorbsion deňagramlylyk konstantasynyň (K we K_p) adsorbatyň adsorbent bilen özara täsirleşme energiýasyny häsiýetlendirýändigini bellemek gerek. Şol özara täsir näçe güýçli bolsa, şonça-da adsorbsion deňagramlylyk konstantasy uly bolýar.

Köp halatda izoterma deňlemäni üstüň dolma derejesine görä, ýagny adsorbsiýa ululygynyň (A) monogatlagyň sygymyna bolan gatnaşygy ýaly ýazýarlar:

$$A/A_\infty = \bar{O} = K c / (1 + K c) = c / (K' + c);$$

bu ýerde $K' = 1/K$

Lengmýur adsorbsiýa izotermasyny grafiki şekillendirip bolýar (surata seret)



Lengmýur deňlemelerinden wajyp netijeler alynýar: tükeniksiz az konsentrasiýalar (basyşlar) üçin, ýagny $C \rightarrow 0$ bolanda:

$$A = A_{\infty} K_c \text{ we } \bar{O} = K_c$$

Bu aňlatmalar Genri kanuny bilen gabat gelýarler: adsorbsiýa ululygy konsentrasiýanyň köpelmegi bilen gönümel ýokarlanýar. Şeýlelikde Lengmýur deňlemesi has umumy gatnaşyk bolup, Genri kanunyny hem öz içine alýar. Has uly konsentrasiýalarda, ýagny $K_c \gg 1$ we $K_p p \gg 1$ bolanda şeýle ýazgylary alyp bolýar:

$$A = A_{\infty} \text{ we } \bar{O} = 1$$

Alnan gatnaşyklar adsorbentiň üsti adsorbatyň monomolekulýar gatlagy bilen doly örtülgi, ýagny doýgun ýagdaýy häsiýetlendirýär.

9– njy sapak

Mowzuk: Öýjükli jisimleriň üstünde gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasy

Soraglar:.

1. Öýjükli jisimleriň alnyşy
2. Öýjük gurluşyň toparlary
3. Öýjükli jisimleriň mukdar häsiýetnamasy

Öýjükli jisimler - içki faza ara üstün bolmagyny şertlendiýän, içinde öýjükleri bolan gaty jisimlerdir. Öýjükler gaz ýa-da suwuklyk bilen dolup bilýärler. Fazalaryň agregat ýagdaýy boýunça dispers ulgamlaryň toparlara bölünüşiginde öýjükli jisimler gaty dispers gurşawy we gaz ýa-da suwuk dispers fazasy bolan dispers ulgamlara degişlidir. Gaty dispers fazasy bolan erkin dispers ulgamlar (mysal üçin, suspensiýalar) we öýjükli jisimler öz bölüşly öwrülip duran ulgamlardyr.

Eger-de ilkinjide gaty jisim dispers faza bolýan bolsa, ikinjide ol dispers gurşaw bolup hyzmat edýär. Öňki sapaklarymyzda bellişimiz ýaly dispersligiň ýokarlanmagy bilen suspenziýalar zollara, soň bolsa hakyky erginlere geçýärler.

Edil şonuň ýaly-da makroöýjükli jisimler dispersligiň ulalmagy bilen öýjükleriniň möçberi molekulalaryň möçberi bilen deňeçirräk bolan mikroöýjükli jisimlere öwrülýärler.

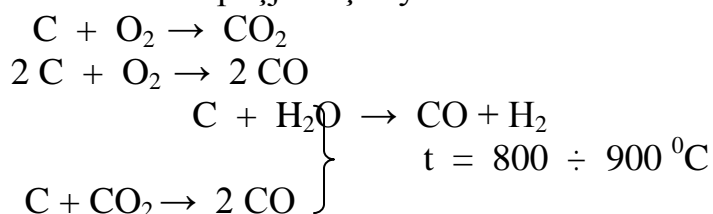
Eger-de gaty jisim çyg siňdirip ýa-da öl ýagdadada bolup bilýän bolsa, onda ol öýjükli jisimdir. Öýjükli jisimleriň köpüsini (esasan hem uşak öýjüklileri) berk giňişleýin gurluşlar, ýagny torlar hökmünde goz önüne getirmek mümkin. Mysal üçin, kömür, torf, gury agaç, kagyz, mata, däne, ham, palçyk, toprak, gowşak bişirilen keramiki materiallar we başgalar. Öýjükli jisimler port ýa-da elastik häsiýetli bolup bilýärler. Olary, köplenç şol häsiýetleri boýunça toparlara bolýärler. Öýjükli materiallar çyga görä uly we dürli adsorbsion ukyba eýedirler. Iş ýüzünde maddalary bölüp çykarmak, paýlamak we arassalamak üçin niýetlenen adsorbentler hökmünde ýörüte sintezirlenen uşak öýjükli jisimleri ulanýarlar. Bu

babatda giňden ulanylýanlara silikageller, alýumogeller, seolitler, işjeňleşen kömürler degişlidir.

Ýokary dispers organiki däl öýjükli jisimleri (adsorbentler we katalizatorlar), esasan iki usul bilen alýarlar. Olaryň birinde gidrozol sintezlanýar (mysal üçin, kremniý kislotasynyň polikondensasiýa usuly), soň ol geli almak üçin kosgulyýasiýa sezewar edilýär. Alnan gel guradylýar. Netijede gaty toruň emele gelmegi bilen bolejikler birikýärler. Zoluň bölejikleri ýokary dispers bolanlary sebäpli emele gelýän öýjükli materialyň uly udel üsti bolaýar. Ulanmak üçin amatly bolar ýaly adsorbenti owradýarlar, granula ýa-da tabletka görnüşe getirýärler. Adatça, adsorbentiň dăňejikleri $0,1 \div 7,0$ nm aralykda bolýar. Silikageller-ilkinji sintetiki organiki däl adsorbentlerdir. Şu usul bilen alýumogeli, alýumosilikageli hem alýarlar.

Soňky wagtlarda adsorbentler we katalizatorlar hökmünde seolitler (tebigy we sintetiki) giňden ulanylyp başlady. Olar kristallik gurluşy bolan alýumosilikatlardyr. Seolitler suwy orăn güýçli siňdirýärler, şonuň üçin gazy we käbir suwuk gurşawlary guratmak üçin ol giňden ulanylýar. Gyzdyrlanda bolsa suw ondan bugaryp çykýar, seolitiň (gaýnaýan daş) ady hem şondan gelip çykýar.

Ýokary dispers öýjükli adsorbentleriň we katalizatorlaryň alnyşynyň ikinji usuly iri öýjükli materiallary agressiw gazlaryň ýa-da suwuklyklaryň täsirine sezewar etmekden ybarat bolýar. Şonda ýumşak (gybçatyý) gurluşy bolan öýjükli jisimler alynýar. Mysal üçin, şol usul bilen dürli çig maldan daş kömürinden, torfdan, gury agaçdan, jandar süňklerinden, hozdan we beýlekilerden işjeň kömürleri (öýjükli uglerod adsorbentleri) alýarlar. Onuň üçin çig mallardan, ilki bilen howasyz ýerde gyradyryp, üçüjy maddalary aýyrýarlar. Netijede iri öýjükli kömür emele gelýar, ondan soň kömüri gaz (O_2 , CO_2), suw bugy bilen okislendirip ýa-da himiki reagentleriň täsirine sezewar edip işjeňleşdirýärler:



Işjeňleşme prosesinde ýanma derejesi 50 %-e ýetende (işjeňleşende kömrüň paýy) mikroöýjükler emele gelýar. Köýmäniň ýokarlanmagy bilen öýjükleriň möçberi ulalýar. Ýokary temperaturada käbir duzlardyr, kislotalar (karbonatlar, sulfatlar, hloridlar, azot kislotasy we ş.m.) belen täsirleşdirimeklik hem, şonda bolunip çykýan gazalaryň (okislendirijiň) hasabyna, kömüriň köýmegine getirýär.

Öýjükli jisimleri öýjükleriniň möçberi we olarda geçýän adsorbsiýa prosesleriniň mehanizmi boýunça birnäçe topara bolýärler: makroöýjükli, geçiş öýjükli, mikroöýjükli.

Makroöýjükli jisimleriň öýjükleriniň radiusy $100 \div 200$ nm uly bolýar. Olaryň udel üsti bolsa $0,5 \div 2,0$ m²/g töweregi bolýar. Adsorbentlerde we katalizatorlarda makroöýjükler, essan geçiriji kanallaryň roluny oýnaýarlar, hakyky adsorbsiýany hasaba almasaň hem bolýar.

Geçişöýjükliligi jisimleriniň öýjükleriniň möçberi 2,0 - 100 nm aralykdadyr, olaryň udel üsti bolsa $10 \div 500 \text{ m}^2/\text{g}$ bolýar. Senagat adsorbentlerden we katalizatorlardan geçişöýjüklilere silikegeller, alýumogeller, alýumosilikageller degişlidir.

Mikroöýjükliligi jisimler adsorbirlenýän molekulalaryň möçberleri bilen deňeçirräk bolan öýjüklere eýedirler. Öýjükleriň radiuslary $0,5 \div 2,0 \text{ nm}$ töweregi bilýar. Bu jisimleriň udel üsti $500 \div 1000 \text{ m}^2/\text{g}$ bolýar. Mikroöýjükliligi esasy aýratynlygy olaryň garşy diwarlarynyň örän ýakyn ýerleşmegindedir. Şonuň üçin öýjükleriň üst güýçleriniň meýdanlary birek-biregi ortýärler we tutuş göwrüme täsir edýärler. Mikroöýjükliligi adsorbentlere seolitler we käbir işjeň kömürler degişlidir.

Umuman alnanda senagat adsorbentleriň köpüsi poldisperslik bilen häsiýetlendirilýär we garyşyk görnüşli adsorbentlere degişlidirler.

Öýjükliligi jisimleri häsiýetlendirmek üçin öýjükleriň möçberini bilmek ýeterlik bolmaýar. Öýjük gurluşly jisimiň esasy häsiýetleriniň ýene-de biri, onuň öýjükliligidir.

Öýjükliligi öýjükleriň göwrüminiň ($V_{\text{ö}}$) jisimiň umumy göwrümüne (V_{um}) bolan gatnaşygy bilen hasaplanýar:

$$\bar{\phi} = V_{\text{ö}}/V_{\text{um}}$$

Görnüşli ýaly öýjükliligi jisimiň göwrüm birligine düşýän öýjükleriň göwrümini, başgaça aýdylanda şonuň gurluşynda boşluklaryň paýyny kesgitleýär. Ony prosentde hem aňladyp bolýar. Öýjükliligi hakyky we hyýaly dykzlygyň üstünden aňladylyp biliner.

Hakyky dykzlyk (ρ_h) öýjükleriň göwrümini hasaba almazdan jisimiň massasynyň onuň göwrümüne (V_h) bolan gatnaşygy bilen tapylýar. Hyýaly dykzlyk (ρ_k) öýjükleriň göwrümini hem göz önünde tutup jisimiň massasynyň, onuň umumy göwrümüne (V_{um}) bolan gatnaşykdan hasaplanýar. Onda jisimiň öýjükliligi:

$$\bar{\phi} = (V_{\text{um}} - V_h)/V_{\text{um}} = 1 - V_h/V_{\text{um}}$$

ýa-da

$$\rho_h = m/V_h; \quad \rho_k = m/V_{\text{um}}$$

$$\bar{\phi} = 1 - (m/\rho_h)/(m/\rho_k) = 1 - \rho_k/\rho_h$$

Eger-de öýjükliligi jisim ölçegleri bir meňzeş bolan togalak bölejikler bişirlende özaralarynda ýelmeşmekleriniň hasabyna emele gelen bolsa, onuň udel üstüne ýonekey hasaplama bilen baha berip bolýar. Jisimiň doly üsti we hakyky göwrümi:

$$S = 4\pi r^2 \cdot n \quad \text{we} \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot n$$

bu ýerde r - togalak bölejikleriň radiusy;

n - jisimiň düzümine girýän bölejikleriň sany.

Onda şolar ýaly öýjükliligi jisimiň udel üsti:

$$S_{\text{ud}} = S/V = (4\pi r^2 \cdot n) / (\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot n) = 3/r$$

Görnüşli ýaly bular ýaly öýjükliligi jisimiň udel üstüni kesgitlemek üçin diňe bir bölejigiň radiusyny bilmek ýeterlik bolýar.

Gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasynyň iş ýüzünde ulanylyşyna garalyň. Öýjükliligi jisimlerde geçýän adsorbsiýa jisimiň gurluşyna, onuň öýjükliligine we

öýjükleriň möçberine bagly bolýar. Ýokarda bellişimiz ýaly öýjükli jisimleriň üstünde adsorbsiýa adsorbent bilen adsorbatyň arasynda täsirleşme ukyby ýokary bolup öllemeği üpjün eder ýaly bolan şertde mümkindir.

Gazlar pes basyşda bolanda makroöýjükli we geçiş öýjükli adsorbentlerde adsorbsiýanyň kada-kanunlygy edil tekiz üst ýaly, esasan täsir edişýän komponentleriň (adsorbat we adsorbent) tebigaty bilen kesgitlenýär. Adsorbsiýany ýokarlandyrmak üçin berlen adsorbat bilen güýçli täsirleşip bilýän maddalardan alnan adsorbentleri ulanyýarlar. Mikroöýjükli gurluşda bolsa pes basyşlarda hem adsorbsiýa güýçli geçýär. Şonuň üçin adsorbentleriň adsorbsiýa ukybyny ýokarlandyrmak üçin mümkin boldygyça olaryň gurluşy mikroöýjükli etjek bolunýar.

Gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasy gaz garyndylaryndan komponentleriň käbirini bölup almak ýa-da garyndyny tutuşlygyna komponentlere bölmek üçin giňden ulanylýar. Bu maksat bilen işjeň kömürler zäherli gazlary siňdirmeklik üçin ulanylyp başlanypdy. Senagat kärhanalarynda gaz halynda zyňylýan galyndylardan işjeň kömüriň kömegi bilen aseton benzol, ksilol, kükürtwodorod, hloroform we beýlekiler tutulyp galynýar. Kükürt dioksidiniň onlarça million tonnasy atmosfera zyňylýar. Şol kärhanalarda çykýan kükürt dioksidini alyp galmak üçin ýörite adsorbsiýa enjamlary ulanylýar. Olar, adaty işjeň kömür we seolit bilen doldurylýar.

Dürli senagat zyňyndylaryny alyp galmak hemme tarapdan örän peýdalydy: önümçiligiň tehniki-ykdysady görkezijisini ýokarlandyrýar; adamyň iş we durmuş şertlerini sanitariýa nukdaý karardan gowulandyrýar, daş-töweregi arassa saklamagy üpjün edýär.

Adsorbsiýa dürli-dürli maksatlar bilen gazlary guratmak üçin giňden ulanylýar: tebigy gazy, onuň ýylylyk berijiligini ýokarlandyrmak, turba geçirijilerde buz dykylarynyň emele gelmeginiň önüni almak, dürli önümçiliklerde atmosferanyň gurylygyny üpjün etmek we başgalar. Bu maksatlar üçin köplenç silikagelleri, alýumogelleri, seolitleri ulanýarlar.

Gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasy köp sanly senagat we tebigy proseslere oňaýly şert döredýär we olar bilen ugurdaş geçýär. Mysal üçin, komponentleriň adsorbsiýasy işlendik geterogen reaksiýanyň esasy başgançagy bolýar: gaz-gaty jisim ulgamynda madda çalyşygy diňe adsorbsiýa gatlagynda geçip bilýär. Geterogen katalizde adsorbsiýa prosesiň başlangyjy bolup hyzmat edýär. Ösümlikleriň howadan alýunýan uglerod dioksidi bilen iýmitlenmesi hem ilki başda adsorbsiýa bilen baglydyr.

10– njy sapak

Mowzuk : Erginlerden çalyşma molekulýar adsorbsiýasy.

Soraglar:.

1. Iki komponentli erginden adsorbsiýa
4. Adsorbsiýanyň izoterma deňlemesi
5. Erginlerden adsorbsiýanyň selektiwligi (saýlap-seçiligi)
4. Dispers ulgamlaryň kinetiki häsiýetleri we barlag (öwrenme) usullary

a) Grawitasiýa meýdamynda sedimentasiýanyň kada-kanunlary.

a) ispersligi öwrenmegiň sedimentasiýa usuly.

Gaty adsorbentlerde gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasyna garalanda adsorbentiň üsti adsorbatyň molekulalaryndan arassa we basyşyň ýokarlanmagy bilen

ol usullyk bilen dolýar diýip kabul edýär. Suwuk erginde adsorbsiýa geçende bolsa adsorbentiň üsti elmydama eredijiniň we eredilen maddanyň molekulalary bilen tutuşlygyna dolan bolýar. Şeýlelikde erginlerde geçýän adsorbsiýa garalanda azyndan iki sany adsorbirlenýän komponentiň barlygyny göz önünde tutmaly. Iki komponentli erginden adsorbsiýa üçin Gibbs adsorbsion deňlemesini şeýle

$$-d\sigma = \Gamma_1 d\mu_1 + \Gamma_2 d\mu_2$$

ýazyp bolýar. Bu deňlemede Γ_1 we Γ_2 - 1 we 2 komponentleriň degişlilikde Gibbs adsorbsiýasynyň ululyklary, olar maddalaryň üst dykyzlanmasyny aňladýar.

Gibbs adsorbsiýasynyň bahalaryny ergindäki konsentrasiýalar bilen baglanyşdyrmak üçin Gibbs-Dýugem deňlemesinden

$$x_1 d\mu_1 + x_2 d\mu_2 = 0$$

peýdalanylýarlar. Bu ýerde x_1 we x_2 - komponentleriň degişlilikde ergindäki molýar paýlary (çalyşma adsorbsiýasynyň häsiýetlendirmek üçin amatly ululyklar). Soňky deňlemeden $d\mu_1$ tapyp:

$$d\mu_1 = -x_2/x_1 \cdot d\mu_2$$

öňki bilen deňeşdirip alyp bolýar:

$$-d\sigma = -\Gamma_1 d\mu_1 \cdot x_2/x_1 \cdot d\mu_2 + \Gamma_2 d\mu_2$$

ýa-da

$$-d\sigma = (\Gamma_2 - (\Gamma_1 \cdot x_2)/x_1) \cdot d\mu_2$$

Deňlemelerden görnüşi ýaly komponentleriň biriniň konsentrasiýasyny beýlekisiniň üsti bilen aňladyp bolýar ($x_1 + x_2 = 1$). Γ_2 ikinji komponentiň konsentrasiýasyna baglylygyny almak üçin komponentleriň üst gatlakdaky umumy mol sany adsorbsiýadan oň we soň üýtgemän galýar diýip hasap edilýär. Onda adsorbsiýada komponentiň biriniň goşulmagy beýleki komponentiň kemelmegine deň bolar, başgaça aýdylanda

$$\Gamma_1 = -\Gamma_2$$

Onda:

$$-d\sigma = (\Gamma_2 - (\Gamma_2 \cdot x_2/(1-x_2)) \cdot d\mu_2 = (1+x_2/(1-x_2)) \cdot \Gamma_2 \cdot d\mu_2$$

$$\Gamma_2 = -((1-x_2+x_2)/(1-x_2))^{-1} \cdot d\sigma/d\mu_2$$

$$\Gamma_2 = -(1-x_2) \cdot d\sigma/d\mu_2$$

Deňlemedäki himiki potensialy ($d\mu_2$) komponentiň işjeňliginiň üstünden aňladyp bolýar:

$$\mu_2 = \mu_2^0 + RT \cdot \ln \cdot a_2$$

$$d\mu = RT \cdot \ln \cdot a_2$$

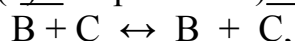
$$d \ln \cdot a_2 = da_2/a_2$$

$$\Gamma_2 = -(1-x_2) \cdot d\sigma/RT \cdot d \ln a_2$$

$$\Gamma_2 = -(1-x_2) \cdot (a_2/RT) \cdot d\sigma/da_2$$

Alnan deňlemeleri erginden islendik araçäde geçýän adsorbsiýa üçin ulanyp bolýar. Ýöne onuň suwuklyk bilen gazyň arasyndaky adsorbsiýany häsiýetlendirmek üçin has amatly bolýandygyny bellemek gerek. Sebäbi, olar ýaly ulgamda faza ara dartylmany kesgitlemek ýañil bolýar.

Adsorbsiýanyň (erginden) izoterma deňlemesine garalyň. Erginlerden adsorbsiýa geçende erginiň göwrümi bilen üst gatlagyň arasynda komponentleriň gaýtadan paýlanmasy amala aşýar. Başgaça aýdylanda bir komponent göwrüm fazada ýa-da üst gatlakda beýleki komponent bilen çalyşýar. Olar ýaly çalyşmany şeýle ýazyp bolýar (B(1) we C (2) komponentler)___



bu ýerde \overline{B} (1) we \overline{C} (2)- üst gatlakda ýerleşýän maddalar;

B we C - göwrümde ýerleşýän maddalar.

Onda çalyşma konstantasy:

$$K_a = a_1 \cdot a_2 / (\overline{a}_1 \cdot \overline{a}_2)$$

Komponentleriň işjeňliklerini (a_i) molýar paýlaryň (x_i) üsti bilen aňladyp bolýar:

$$K_a = (x_1 \cdot x_2 / (\overline{x}_1 \cdot \overline{x}_2)) \cdot (f_1 \cdot \overline{f}_2) / (\overline{f}_1 \cdot f_2) = K \cdot K_g;$$

bu ýerde K - çalyşma koeffisiýenti:

$$K = \overline{x}_1 \cdot x_2 / (\overline{x}_1 \cdot x_2) = (x_2/x_2) \cdot (x_1/x_1) = D_2/D_1;$$

$D_i = x_i/\overline{x}_i$ - komponentiň üst gatlak bilen erginiň göwrüminiň arasynda paýlanma koeffisiýenti.

Alnan deňlemede $x_1 = 1 - x_2$ gatnaşygy göz önünde tutup şeýle ýazyp bolýar:

$$K = x_2/x_2 - x_2/1-x_2$$

Bu deňlemeden (2) komponentiň üst gatlakdaky molýar paýyny tapýarys:

$$K = x_2/x_2 \cdot x_1/x_1 = x_2/x_2 \cdot 1-x_2/1-x_2;$$

$$Kx_2(1-x_2) = x_2(1-x_2);$$

$$Kx_2 - Kx_2 \cdot x_2 = x_2(1-x_2);$$

$$Kx_2 = Kx_2 \cdot x_2 + x_2(1-x_2);$$

$$Kx_2 = x_2(Kx_2 + 1 - x_2);$$

$$x_2 = Kx_2 / Kx_2 + 1 - x_2 = Kx_2 / 1 + Kx_2 - x_2;$$

$$x_2 = Kx_2 / 1 + (K-1)x_2$$

- binar erginlerden adsorbsiýanyň umumy izoterma deňlemesi.

Erginlerden adsorbsiýanyň selektiwligi (saýlap-seçiligi) bölünme koeffisiýenti bilen häsiýetlendirýärler. (başgaça aýdylanda bölünýän komponentleriň paýlanma koeffisiýentleriniň gatnaşygy bilen). Eger-de komponentiň paýlanma koeffisiýenti üst we göwrüm konsentrasiýalary arkaly aňladylsa, ýagny:

$$D = A/c;$$

onda (1) we (2) komponentleriň bolünme koeffisiýenti:

$$\beta_{1/2} = D_1/D_2 = A_1 \cdot c_2 / (A_2 \cdot c_1)$$

bolar.

Bu ýerde $\beta_{1/2}$ - bölünme koeffisiýenti, ol bölünýän komponentleriň paýlanma koeffisiýentleri näçe esse tapawutlanlygyny görkerýär.

Paýlanma we bölünme koeffisiýentleri adsorbentiň we erginiň mukdarlaryna bagly bolmaýarlar, şonuň üçin şol iki fazanyň arasynda maddanyň massasynyň paýlanmasyny häsiýetlendirip bilmeýärler. Maddanyň massasynyň paýlanmasy bölünip çykarma derejesi we paýlanma derejesi bilen häsiýetlendirilýär. Bolup çykarylma derejesi maddanyň deňagramlylykdaky fazalaryň birindäki mukdarynyň onuň umumy mekdaryna bolan gatnaşy ýaly kesgitlenýär. Meselem, adsorbsiýa gatlagy üçin bolup çykarma derejesini (E) şeýle aňladyp bolýar:

$$E = A \cdot s / (A \cdot s + cV) = D \cdot s / V / 1 + D \cdot s / V$$

Bu ululygy prosentde hem aňladyrlar.

Paýlanma derejesi, edil bölup çykarma derejesi ýaly maddanyň geçýän fazasyna hem, maddanyň bölünip çykýan fazasyna hem degişli bolup bilýär. Ol bölünýän maddalary bölup çykarma derejeleriniň gatnaşygy ýaly kesgitlenýär. Mysal üçin, adsorbsiýa gatlakda paýlanma koeffisiýentini (Z) şeýle ýazyp bolýar:

$$Z = E_1 / E_2 = D_1 (1 + D_2 \cdot s / V) / D_2 (1 + D_1 \cdot s / V)$$

Bu gatnaşykdan görnüşi ýaly, egerde D_1 we D_2 kiçelip, nola ymtylan bolsalar, onda paýlanma koeffisiýenti maksimum, ýagny bölünme koeffisiýentine deň bolan bahasyna ymtylýar.

Goşmaça maglumatlar

1- nji goşulma (4 - nji mowzuk) Termodinamiki reagirleşme ukybynyň disperslilige baglylygy.

Termodinamikada $p, T = \text{const}$ şertlerde maddalaryň reagirleşme ukyby Gibbs energiýasynyň üýtgemesi bilen kesgitlenýär. Ulgamyň deňagramlylygyna, ýagny reagirleşme ukybyna maddalaryň disperslik derejesi hem uly täsir edýär. Dispersligiň üýtgemesiniň hasabyna Gibbs energiýasynyň degişlilikdäki üýtgemesini termodinamikanyň kanuny boýunça ýazyp

$$dG_d = -SdT + Vdp$$

bolýar.

Bu gatnaşygy arassa madda üçin $V = V_m$ (mol göwrüm) berlen temperatura görä ($T = \text{const}$) gaýtadan ýazýarys:

$$dG_d = V_m dp \quad \text{ýa-da} \quad \Delta G_d = V_m \Delta p$$

bu ýerde gomaça basyşyň bahasyny ($\Delta p = \delta \cdot ds/dV$) goýup:

$$\Delta G_d = \delta V_m \cdot ds/dV$$

alyp bolýar.

Onda togalak (sfera) sehili üst üçin ($ds/dV = \pm 2/r$) göz önünde tutup:

$$\Delta G_d = \pm 2\delta V_m / r$$

alynýar. Bu gatnaşyklar dispersligiň hasabyna reagirleşme ukybyň üýtgemesiniň üstüň egriligine, ýa-da disperslige proporsionaldygyny görkezýär. + we – alamatlar položitel we otrisatel egrilige degişlidirler.

Eger-de maddanyň kondensirlenen fazadan gaz görnüşine geçme prosesi garalýan bolsa, onda Gibbs energiýasyny buguň basyşy bilen aňladyp bolýar:

$$\Delta G_d = RT \ln(p_d/p_s),$$

bu ýerde p_d we p_s - degişlilikde egreden we tekiz üstüň ýokarsyndaky buguň basyşy.

Bu deňlemäni öňki bilen deňeşdirip, gaýtagydan şeýle

$$\ln(p_d/p_s) = \pm 2 \delta V_m / (RT \cdot r)$$

ýazyp bolýar. Alnan gatnaşyk Kelwin deňlemesi ady bilen bellidir. Bu deňlemeden položitel egrilik (mysal üçin, togalak damja üçin) bolan şertlerde egrilik näçe uly bolsa (ýa-da damjanyň radiusy kiçi bolsa) şonça-da egrilen üstüň ýokarsyndaky doýgun buguň basyşy uly boljagy gelip çykýar. Öllenýän kapillýarda bolýan otirisatel egrilikde ters baglanyşyk alynýar: egreden üstüň ýokarsyndaky buguň basyşy egriligiň ulalmagy bilen (egriligiň radiusynyň kiçelmegi) peselýär. Şeýlelikde, eger-de suwuklyk kapillýary ölleýän bolsa, onda kapillýarda kondensasiýa tekiz üste garaňda pes basyşda geçýär. Hut şol sebäpli Kelwin deňlemesine köplenç kapillýar kondensasiýanyň deňlemesi hem diýýärler.

Disperslik derejesi himiki reaksiýanyň deňagramlylygyna hem täsir edýär:

$$\Delta G_d = RT \ln(K_d/K)$$

bu ýerde ΔG_d - disperslik bilen şertlendirilýän himiki täsirleşmäniň üýtgemesi; K_d we

K - degişlilikde dispersligiň we dispergirlenmedik maddalaryň täsirini göz önünde tutýan deňagramlylyk konstantalary.

Dispersligiň ulalmany bilen komponentleriň işjeňligi artýar. Şonuň hasabyna deňagramlylyk konstantasy üýtgäp bilýar. Mysal hökmünde kalsiý karbonatynyň dargama reaksiýasyny görkezip bolýar:



Bu reaksiýada kalsiý karbonatynyň dispersliginiň ulalmasy deňagramlylygy sag tarapa süýsirýär, uglerod dioksidiniň basyşy ulalýar; kalsiý oksidiniň dispersliginiň ulalmagy bolsa ters netijä getirýär.

Edil şol sebäp boýunça dispersligiň ýokarlanmagy bilen maddanyň kristallizasiýon suwunyň baglanyşygy gowşaýar. Mysal üçin, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ kristallary suwy 473 K-de berýän bolsa, kolloid ölçegli kristallogidrat eýýäm 373 K-de dargaýar.

2 - nji goşulma (5 - nji mowzuk) Sedimentasiýa usuly barada

Öňki sapaklarymyzdan belli bolşy ýaly dispers ulgamlary erkin dispers we bagly dispers görnüşlere bolýarlar. Erkin dispers ulgamlarda dispers fazanyň bölejikleri dispers gurşawyň tutuş göwrümünde erkin hereket edip bolýarlar.

Erkin dispers ulgamlardan suspenziýalar, poroşoklar, emulsiýalar, aerezollar ýaly mikroheterogen ulgamlar giňden ýaýrandyr. Bu ulgamlaryň, aýratyn hem olar gowşadylan bolsalar, özlerine mahsus bolan umumy häsiýetleri, ýagny: dispers fazanyň bölejikleriň çäkmäge ýa-da ýokaryk galmaga (всплыванию) bolan ymtylmalary bar. Dispers fazanyň bölejikleriniň çökmesine sedimentasiýa,

bölejikleriň ýokaryk galmasyna bolsa garyşylyklaýyn sedimentasiýa diýilýär. Sedimentasiýa latyn sori bolup çökme diýen manyny berýär.

Ulgamda her bir bölejige egyrlyk güýji (grawitasiýa güýji) we Arhimed güýji täsir edýär:

$$F_g = mg = v\rho g \quad (\text{grawitasiýa güýji})$$

$$F_A = v\rho_0 g \quad (\text{Arhimed güçli})$$

bu ýerde m we v -bölejigiň massasy we göwrümi; g -erkin gaçma tizlenmesi, $9,8 \text{ m/s}^2$;

ρ we ρ_0 —dispers fazanyň we dispers gurşawyň deňşililikde dykzlyklary.

Bu güýçler hemişelik we dürli tarap ugrukdyrlandyr. Sedimentasiýany ýüze çykarýan aralyk güýç:

$$F_{\text{sed}} = F_g - F_a = m_{\text{ot}} \cdot g = v(\rho - \rho_0) \cdot g$$

deňleme bilen hasaplanýar. Bu ýerde m_{ot} -bölejigiň oňnositel massasy ($m_{\text{ot}} = m - v\rho_0$).

Deňlemeden görnüşini ýaly eger-de:

1) $\rho > \rho_0$ bolsa $F_{\text{ged}} > 0$ bolýar, we bölejikler çökýärlar;

2) $\rho < \rho_0$ bolsa $F_{\text{ged}} < 0$ bolýar, we bölejikler ýokarlyk galýarlar, başgaça aýdylanda gaz we suwuk emulsiýalara mahsus bolan garyşylyklaýyn sedimentasiýa geçýär.

Sedimentasiýa kesditli gurşawda geçýänligi üçin bölejik aşak hereket edende onuň tizligine proporsional bolan sürtülme güýji görnüşinde garyşlyk ýüze çykýar:

$$F_{\text{süz}} = B \cdot U;$$

bu ýerde B -sürtülme koeffisiýenti, U -bölejigiň hereket tizligi.

Şeýlelikde bölejige täsir edýän güýç:

$$F = F_{\text{sed}} - F_{\text{süz}} = v g (\rho - \rho_0) - B U$$

Bölejigiň hereketiniň başynda, onuň tizligi örän kiçi bolýar. Şol sebäpli F güýjiň täsiri bilzen bölejik tizlenme bilen hereketlenýär. Tizligiň ulalmagy bilen sürtülme güýji hem ýokarlanýar. Käbir tizlikde ol sedimentasiýa güýji bilen deňleşýär, bölejige täsir edýän güýç bolsa nola öwürülýär ($F=0$). Ondan soň bölejigiň hereket tizligi üýtgemeyär. Onda

$$U = v g (\rho - \rho_0) / B$$

Togalak şekilli bölejikleriň hereketinde sürtülme güýji üçin aňlatmany S toks kanuny görnüşinde

$$B = 6\pi\eta r \quad \text{we} \quad F_{\text{süz}} = \pi\eta r U$$

ýazyp bolýar. Bu ýerde η - suwuklygyň dinamiki süýgeşikligi;

r - bölejigiň radiusy.

Soňky deňlemeleri bilelikde çözüp, hemde togalak bölejigiň göwrümünü

$$v = \frac{4}{3}\pi r^3$$

goz öňünde tutup:

$$U = \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \rho_0) / (6\pi\eta r) = \frac{4\pi}{3} (\rho - \rho_0) r^2 / (6\pi\eta) ;$$

$$U = \frac{2}{9} (\rho - \rho_0) r^2 / \eta$$

aňlatmany alýarys. Görnüşini ýaly bölejigiň sedimentasiýasynyň hemişelik tizligi onuň radiusyna, bölejigiň we gurşawyň dykzlyklarynyň tapawudyna göni proporsional, we gurşawyň süýgeşikligine ters proporsionaldyr. Suspenziýalardaky

aerosollardaky , emulsiýalardaky bölejikleriň çökmesi şular ýaly kada-kanunlar boýunça geçýär.

Togalak bölejigiň radiusyny:

$$r = \sqrt{9\eta U / (2g(\rho - \rho_0))}$$

tejribelerden sedimentasiýa tizligini kesgitlep, η , ρ , ρ_0 ululyklaryň bahalaryndan peýdalanyň hasaplap bolýar.

Sedimentasiýa bolan ukyp, sedimentasiýa tizligi bilen kesgitlenýän sedimentasiýa konstantasy arkaly aňlatmaklyk kabul edilen:

$$S_{\text{sed}} = m_{\text{ot}}/B = v(\rho - \rho_0)/B$$

Togalak bolejekler üçin:

$$S_{\text{sed}} = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_0)/(6\pi\eta r) = 2r^2(\rho - \rho_0)/(9\eta)$$

Görnüşi ýaly sedimentasiýa konstantasy bolejekleriň möçberlerine, şeýle-de fazalaryň tebigatyna bagly bolýar.

Häzirki zamanda önümçilikleriň köpüsinde disperslik maddalaryň we makriallaryň esasy tilsimat parametrleriniň biri bolup hyzmat edýär. Ony kesgitlemegiň dürli usullary bar. Sedimentasiýa usuly dispersligi anali tiklemegiň iň sada we giňden ýaýranydyr.

Bu usulda aadatça suwuk gurşawda bölejikleriň çökme tizligi ölçenýär. Alynýan maglumatlar boýunça bolejekleriň möçberini hasaplaýarlar. Bu usul bolejekleri ölçegleri boýunça tertipleşdirmäge, we deňşlilikde olaryň udel üstüni hasaplamaga mümkinçilik berýär. Dispersligiň sedimentasiýa usulyny mikroeterogen we käbir iri dispers ulgamlary üçin grawitasiýa meýdanynda ulanyň bolýar.

Bu usul 10^{-5} - 10^{-2} cm aralygynda dispersligi kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Olar senagatyň dürli ýerlerinde mähüm we giňden ýaýran dispers ulgamlar bolan suspenziýalar, emulsiýalar, poroşoklardyr.

Edebiýat

1. Saparmyrat Türkmenbaşy, Runnama - Aşgabat: TDNG, 2001.
2. Saparmyrat Türkmenbaşy, Ruhnama (2-nji kitap) - Aşgabat: TDNG, 20013
3. Türkmenistanyň Prezidenti Beýik Saparmyrat Türkmenbaşynyň "Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry" Milli Maksatnamasy // Türkmenistan. 2003. Alp Arslan aýynyň 27-si.
4. Фролов Ю.Г. «Курс коллоидной химии» М.Химия, 1989.
5. Воюцкий С.С. «Курс коллоидной химии» М. Химия, 1975.
6. «Лабораторные работы по коллоидной химии» Под ред. Ю. Г. Фролова – М. МХТИ им. Д.И. Менделеева. 1981г.
7. «Практикум по коллоидной химии» Под ред. И.С. Лаврова М.Высшая школа 1983.

Mazmuny

1 - nji sapak Giriş.	-----	1 - 4
2 - nji sapak Dispers ulgamlar	-----	4 - 8
3 - nji sapak Üst gatlagyň umumy termodinamiki ölçegleri (parametrleri).	---	8 - 12
4 - nji sapak Üst dartyлма we adsorbsiýa	-----	12 - 16
5 - nji sapak Üst energiýa we ikileýin elektrik gatlagy	----	16 - 19
6 - nji sapak Adgeziýa, suwuklyklaryň öllemesi we ýaýramasy	. ----	20 - 25
7 - nji sapak Adsorbsiýa özara tasirleşmele	-----	25 - 28
8 - nji sapak Bir jynsly (tekiz) üstde gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasy	-----	28 - 31
9 - nji sapak Öýjükli jisimlerin üstünde gazlaryň we buglaryň adsorbsiýasy	---	31 -
10 - nji sapak Erginlerden çalyşma molekulýar adsorbsiýasy	-----	34 - 37
Goşmaça maglumatlar	-----	37
1-nji goşulma (4 - nji mowzuk)		37 -
		38
2-nji goşulma (4 - nji mowzuk)	-----	38 -
		40
Edebiýat	----	40

