

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

X.S. Talipova, T.N.Eshbo'riyev

KOLLOID KIMYO
fanidan darslik

Toshkent – 2023

Mazkur darslik kimyo, kimyo-texnologiya, neft va gazni qayta ishlash, oziq-ovqat va qurilish materiallari texnologiyasi, shuningdek, boshqa turdosh ta'lim yo'nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2020 yil 14 iyundagi 531-sonli buyrug'i bilan (*buyruqning 10-ilovasi*) tasdiqlangan "Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo" fani dasturi asosida tayyorlandi.

Ushbu darslikda bo'lajak kimyogar texnologlar uchun kolloid kimyo fanidan nazariy bilimlar keltirilgan bo'lib, u O'zbekiston Respublikasi Prezidentining O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha 2022-2026 yillarga mo'ljallangan "Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son Farmoni asosida ishlab chiqildi.

Bu o'rinda har bir mavzuga oid nazariy bilimlar *mukammalroq* bo'lishiga harakat qilindi va darslikni tayyorlashda nufuzli chet el olimlarining (**Drew Mer.** *Surfaces, interfaces and colloids. New York;* **Terence Cosgrove.** *Colloid Science Principles, methods and applications. Angliya*) shu fanga oid o'quv adabiyotlarini mos keluvchi ma'lumotlaridan foydalanildi. Bu adabiyotlar ayniqsa talabalarni **mustaqil bilim olish jarayonlarida** juda qo'l keladi.

Ushbu darslik keng qamrovli bo'lib, undan 700 000 – Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari 60710100– Kimyoviy texnologiya (ishlab chiqarish turlari bo'yicha) 60720900– Neft-gazkimyo sanoati texnologiyasi 60721000 – Gazni chuqur qayta ishlash texnologiyasi 60721100 – Neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi yo'nalishlarida taxsil oluvchi talabalar hamda meditsina yo'nalishi oliygohlarida darslik sifatida foydalanishlari mumkin.

Toshkent kimyo-texnologiya institutining Ilmiy Kengashi qaroriga muvofiq nashrga tayyorlandi (2023 yil, 25 avgustdagi, 1-sonli majlis bayonnomasi)

Tuzuvchilar:

Talipova Xabiba Salimovna - TKTI "Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo" kafedrasi dotsenti. t.f.n.

Eshbo'riyev Tursunali Nasrullayevich - TKTI "Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo" kafedrasi katta o'qituvchisi

Taqrizchilar:

O'zMU, "Fizik va kolloid kimyo" kafedrasi dotsenti, k.f.d., N.B. Eshmamatova

TKTI, «Umumiy kimyo» kafedrasi mudiri, t.f.b.f.d., A.A. Nabiye

KIRISH

Toshkent kimyo-texnologiya instituti *“Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo”* kafedrası dotsenti tomonidan yakka mualliflikda lotin alifbosida xorijiy adabiyotlar tarjimasi asosida *“Kolloid kimyo”* fanidan tayyorlangan mazkur darslik kimyo, kimyo-texnologiya, neft va gazni qayta ishlash, oziq-ovqat va qurilish materiallari texnologiyasi, shuningdek, boshqa turdosh ta’lim yo’nalishlarida tahsil oluvchi talabalar uchun mo’ljallangan. Ushbu darslikda bo’lajak kimyogar texnologlar uchun kolloid kimyodan nazariy bilimlar keltirilgan bo’lib, ular asosida *amaliy hamda laboratoriya mashg’ulotlari o’tkazish uchun* muhim xulosalar chiqarish imkoniyati yuzaga keladi.

Ushbu darslikka – *dispers sistemalarni olish va ularning xossalari, sirt hodisalari, sorbsiya jarayonlari, dispers sistemalarning hossalari, dispers sistemalarning barqarorligi va koagulyatsiyasi, mikrogeterogen sistemalar, sirt faol moddalar, gidrofil dispers sistemalar va yuqori molekulyar birikmalarning xossalari hamda “Kolloid kimyo” fanining ishlab chiqarish jarayonlari va atrof-muhit muhofazasidagi o’rni* haqidagi ma’lumotlar kiritilgan.

O‘zbekiston Respublikasida kimyo va oziq-ovqat sanoatlarida ishlab chiqarish ko‘lamlarining o‘ssishi va yangi texnologiyalarning paydo bo‘lishi fundamental va kimyoviy fanlarni, jumladan *“Kolloid kimyo”* fanidan chuqur bilimli yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashni talab qiladi.

Kolloid kimyo fani qonuniyatlari asosida bormaydigan texnologiyalar, ayniqsa kimyoviy texnologiyalar deyarli yo‘q. Ularga ishlab chiqarishning u yoki bu bosqichida albatta duch kelamiz. *Adsorbsiya, adgeziya, ho‘llanish, flotatsiya, sirtidagi elektrokinetik hodisalar, koagulyatsiya, struktura hosil bo‘lishi jarayonlari* ko‘plab texnologik jarayonlarda mavjud. Shuni hisobga olgan holda mamlakatimizda mavjud kimyoviy korxonalar, ilmiy muassalar to‘g‘risida ham ma’lumot berishni lozim topildi (*to‘plam so‘ngida*). Shuningdek, kimyoviy texnologiya va kimyo sanoatining istiqbolli yo’nalishlari ham darslikda o‘z aksini topdi.

Kolloid kimyo fani faqatgina texnologik jarayonlarning emas, balki asosiy xususiyatlari disperslikka, sirt tabiatiga bog'liq bo'lgan va struktura hosil bo'lish qonuniyatlari bilan aloqador bo'lgan turli materiallar – *qotishmalar, keramika, sement, tolalar, plenklar, lok-bo'yoqlar, sorbentlar, turli xil kompozitsion materiallar, biotexnologiya, oziq-ovqat maxsulotlarini tayyorlash* usullarining nazariy asosi bo'lib xam xizmat qiladi.

Hozirgi paytda kimyoviy o'zgarishlarni amalga oshirish uchun ***nanotexnologiya*** usullaridan foydalanib hayotiy zarur mahsulotlar yaratishning ustivor usullarini ishlab chiqish yo'lga qo'yildi. Nanotexnologiya usullaridan foydalanib yaratilgan materiallar o'zining xossalari bilan odatdagi kimyoviy moddalardan keskin farq qiladi. Shularni hisobga olgan holda, hozirgi zamon uchun eng muhim hisoblangan ***nanotexnologiya*** haqidatushunchalar berishga harakat qilindi.

Har bir mavzuga tegishli bo'lgan nazariy savollarni keltirishni lozim topgan holda bu talabalarning mustaqil ta'lim olish jarayonlarini shakllantirishda kerak bo'ladi deb hisoblandi.

Muallif



1§. KOLLOID KIMYO FANINING MAQSADI VA VAZIFASI, RIVOJLANISH TARIXI. DISPERS SISTEMALAR VA ULARNING SINFLANISHI

Kolloid kimyo fanining **rivojlanish tarixiga** nazar solsak, kolloidlar to'g'risidagi ma'lumotlar alximiklarni, **Aristotelning** ishlarida uchraydi. Qadim zamonlardayoq kolloid-kimyoviy jarayonlar Xitoyda, Hindistonda, Misrda, Rimda, O'rta Osiyoda, qadimgi Rus mamlakatlarida *ovqat tayyorlash, teri matolarini oshlash, bo'yash* va boshqa ishlarda ko'p qo'llanib kelingan.

Demak, kolloid sistemalar bilan inson juda qadim zamonlardan beri tanish. Biroq, bu sistemalar ilmiy jihatdan nisbatan keyinroq o'rganila boshlangan.

Keyinchalik bu fan o'zining qonuniyatlarini ko'payishi, uslublarini vujudga kelishi tufayli mustaqil fanga aylandi. Hozirgi zamon texnikasini rivojlanishida kolloid kimyo juda katta amaliy ahamiyat kasb etadi. Kolloid kimyo qonuniyatlari, kolloidli jarayonlar xalq xo'jaligining ko'pgina sohalarida keng qo'llaniladi.

Kolloid kimyo fani geterogen **texnologik jarayonlarning nazariy asosi bo'lib**, bu jarayonlarda *sirt hodisalar va dispers sistemalar* hal qiluvchi o'rin egallaydi. Hozirgi paytda birorta kimyoviy texnologiya yo'q-ki dispers sistemalar ishlatilmasin. Atrofimizni o'rab olgan havodan tortib to suvgacha dispers sistemalardan iborat.

Kolloid kimyo – sirt hodisalar, dispers sistema va ularning fizik, kimyoviy hamda mexanik hossalari xaqidagi fandir.

Kolloid kimyo fanini o'qitishdan maqsad – bizni o'rab turgan borliqning asosiy qismi kolloid sistemalardan iborat deb qarab, unda boruvchi jarayonlarni kolloid kimyo qonuniyatlariga asoslangan holda tushuntirish va o'rgatishdan iborat.

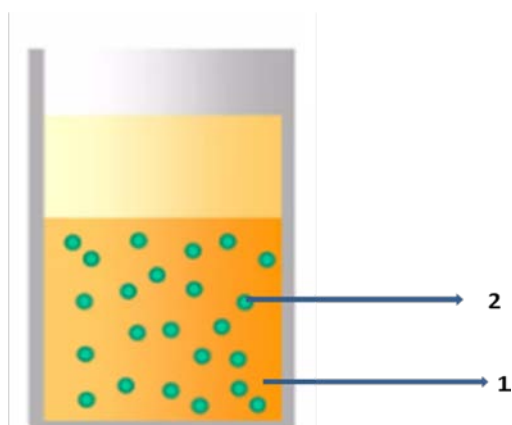
Kolloid kimyo fani – mustaqil fan bo'lib, bir qator xususiyatlari jihatidan bir-biriga o'xshash turli-tuman dispers sistemalarni o'rganadi.

Dispers sistemalar va sirt hodisalar haqidagi ta'limot texnikada (sanoat, qishloq xo'jaligi, tabiatni qo'riqlash, suvlarni tozalash va x.k., geologiya, tuproqshunoslik) shuningdek biologiya, meditsina va farmatsevtikada alohida ahamiyat kasb etadi.

Dispers sistemalar deb – suyuq, qattiq yoki gaz muhitida boshqa moddaning juda ko'p mayda zarrachalarning tarqalishidan hosil bo'lgan sistemaga aytiladi.

Ularga – tuproq, tog' jinslari, kukunlar, yutuvchi moddalar, katalizatorlar, barcha g'ovak moddalar kiradi.

Kolloid kimyoda tekshiriladigan obektlar ikkita asosiy xususiyatlari bilan ajralib turadi:



1) **disperslik** (maydalanganlik) va

2) **geterogenlik** (ko'p fazali).

Demak, kolloid kimyoni o'rganadigan obektlari **dispers sistemalar**dir. Bunda tarqalgan modda - **dispers faza**, modda tarqalgan joy esa **dispers muhit** deb ataladi.

I.1-rasm. 1-dispers muhit,

2-dispers faza

Dispers sistemalar tabiatda juda ko'p tarqalgan. Atrofimizda mavjud materiallar – *tuproq, yog'och, tabiiy suv, turli-tuman oziq-ovqat mahsulotlari, rezina, bo'yoq, hatto inson tanasi ham* dispers sistemalariga misol bo'la oladi. Olamni o'zi ham dispers sistemadir: *barcha planetalar, yulduzlar va kometalar dispers faza bo'lib, koinotni dispersion muhit deb qarash mumkin.*

Dispers sistemalarda *dispers faza* zarrachalari katta sirtga ega bo'lganligi



sababli ularning sirtidagi atom yoki molekulalari hossalari jihatidan zarrachalar ichidagi atom yoki molekulalar hossalariidan farq qiladi, chunki ular sirt tomondan moddaning boshqa molekulalari bilan tortilmaydi. Ko‘pincha kolloid eritmaning sirt qavatini uning ichki qavatidan hatto tarkib jihatidan farq qiladi. Shunga ko‘ra *kolloid kimyo uch muhim muammoni o‘rganadi*:

- 1) *dispers faza sirtida sodir bo‘ladigan hodisalarni o‘rganish*;
- 2) *dispers sistemalarning mavjudlik va baqarorlik sharoitlarini o‘rganish*;
- 3) *dispers faza va dispersion muhit chegara sirtida kuzatiladigan elektrokinetik hodisalarni o‘rganishdan iborat*.

Kolloid kimyo fanida **faza atamasini** qo‘llash ehtiyotkorlikni talab qiladi. Hozircha u 1.1 - jadvalda¹ to‘g‘ri foydalanilgan bo‘lib, u tizimning fizik holatini ifodalashda keng foydalaniladi. Ba‘zi kolloidli holatlar *termodinamik muvozanatga erishmaydi*, ammo bu tuzilma shunchalik ko‘p mavjud bo‘lishi mumkinki, uni muvozanatli fazadan ajratib olish, farqlash amaliy jihatdan qiyin va nazariy jihatdan esa noqulaydir. *Kolloidli oynalar, ba‘zi kremlar va gellar* kabi taniqli muvozanatga ega bo‘lmagan tuzilmalar mavjud bo‘lib, ular ko‘plab yillar davomida kinetik jihatdan ushlab turilgan tuzilmalar sifatida ko‘rilgan.

Induvidual fazalarning har biri murakkab tarkibli bo‘lishi mumkin, masalan, *emulsiya gelda despersiyalangan gelga o‘xshash zarrachalardan yoki bir - biriga teng zarrachalardan tuzilgan bo‘lishi mumkin*.

1.1–jadval

- Muhit (α) → - Dispers faza (β) ↓	gaz (muhit)	suyuqlik	qattiq
gaz (ko‘piklar)	-	ko‘pik	qattiq ko‘pik
suyuq (tomchilar)	suyuq aerosollar	suyuq emulsiyalar	qattiq emulsiyalar
qattiq (zarrachalar)	qattiq aerosollar	Zol	qattiq zol

¹ **Colloid Science: Principles, methods and applications, Second Edition Edited by Terence Cosgrove_ 2010 John Wiley & Sons, Ltd, P. 1-2.**

Tomsan Grem kolloid kimyoga asos solgan olim hisoblanadi. 1861 yilda u erigan moddalarni pergament qog‘oz orqali suvga o‘tish (*diffuziyalanish*) hodisasini tekshirib, kristall moddalarning (*osh tuzi, shakar*) eritmaları yaxshi diffuziyalanishini, lekin alyuminiy gidroksid, rux gidroksid va boshqa metallarning gidroksidlari, yelim, albumin, jelatina, kraxmal kabi moddalar juda zaif diffuziyalanishini aniqladi. Grem eritmaları yaxshi diffuziyalangan moddalarni *kristalloidlar* deb, yomon diffuziyalangan va kristall tuzilishga ega bo‘lmagan moddalarni *kolloidlar* deb atadi (kolloid so‘zi grekcha «**kollo**», ya’ni yelim so‘zidan olingan). T.Gremning fikricha, kristalloidlar suvda eriganda chin eritmalar, kolloidlar eriganda esa kolloid eritmalar hosil bo‘ladi. T.Grem kolloid eritmalarını olish va tozalash usullarini ishlab chiqdi. Uning ba’zi usullaridan hozirda ham foydalaniladi. Grem ta’limotiga binoan kristalloidlar kolloidlardan katta farq qiladi. Lekin 1868 yilda **I.G. Borshchev** kolloid moddalar kristall holida ham bo‘lishi mumkinligini isbotlab berdi. So‘ngra rus olimi P.P. Veymarn T.Gremning fikrlari tor ma’noga ega ekanligini isbotladi. U kolloid holatda 200 dan ortiq modda tayyorlab, har qanday modda ham sharoitga qarab kolloid holida ham, kristalloid holatda ham bo‘la olishini ko‘rsatdi.

Shunday qilib, ***har qanday modda sharoitga qarab ba’zida kolloid eritma, ba’zi sharoitda esa chin eritma hosil qilishi mumkin.*** Masalan,

-osh tuzi suvda eriganda chin eritma hosil qiladi, lekin osh tuzini benzoldagi kolloid eritmasini hosil qilish mumkin;

-sovun suvda eriganda kolloid eritma hosil bo‘ladi, lekin sovunni spirtida eritib, uning chin eritmasini tayyorlash mumkin. Demak, *kolloid holat materiyaning o‘ziga xos alohida holatidir ya’ni, kolloid modda yo‘q, moddaning kolloid holati mavjud.*

Kolloid holat - bu moddaning yuqori dispersli (*kuchli maydalangan*) holati bo‘lib, zarrachalar alohida *molekulalar agregatidan* tashkil topadi.

Gremdan avval bu sohada **M.V. Lomonosov, I.Ya. Berselius, F.Selmi, A.A. Musin-Pushkin, M.Faradey, I.G. Borshchev** va boshqalar ham ish olib borganlar.

Masalan, 1762 yilda M.V. Lomonosov **iviqlar ustida** ish olib bordi. U oltinning kolloid eritmasidan foydalanib rangli shishalar tayyorladi. 1797 yilda A.A. Musin-Pushkin *simob metalining* kolloid eritmasini hosil qildi. 1908 yilda rus olimi F.F.Reys loy suspenziyalarining elektr xossalarini tekshirgan. 1889 yilda A.P.Sabaneyev *kolloid eritmalarning muzlash temperaturalarini o'lchash* asosida kolloid zarrachalarning «molekulali» massalarini aniqladi. Rus olimi F.N.Shvedov 1889 yilda jelatina eritmasi *misolida kolloid sistemalarning mexanik struktura xossalarini tekshirdi*. XIX asrning boshlarida R.Broun tomonidan dispers faza zarrachalarining *tartibsiz harakatini* kashf etilishi kolloid kimyoning rivojlanishida katta ahamiyatga ega bo'ldi.

1906-1908 yillarda M.Smoluxovskiy va A.Eynshteyn kolloid sistemalardagi *Broun harakati* va *diffuziya nazariyasini* yaratib, kolloid kimyoni nazariy jihatdan boyitdilar. J.B. Perren, N.Svedberg, B.V. Ilin kabi olimlar A.Eynshteyn va M.Smoluxovskiy nazariyasining to'g'riligini tajribada tasdiqladilar.

D.I. Mendeleyev ***kolloid kimyoni tabiat haqidagi bilimlarning porloq istiqbolga ega bo'lgan yangi tarmog'i deb qaradi***. U o'zining «**Kimyo asoslari**» nomli kitobining birinchi nashrida (1871 yil) «**Kolloid kimyo masalalari fizika va kimyoning barcha sohalari uchun ilg'or va qudratli ahamiyat kasb etishi muqarrar**» deb yozgan.

Kolloid kimyoning taraqqiyotida mashhur olim **A.V. Dumanskiyni** ham xizmati katta. U kolloid eritmalarning *qovushqoqligini, elektro'tkazuvchanligini, optik xossalarini* o'rgandi.

Prof. N.P. Peskov kolloid sistemalarning *barqarorlik nazariyasini* taklif qildi, akademik P.A.Rebinder va uning shogirdlari kolloid dispers va dag'al dispers sistemalarda bo'ladigan *adsorbsiya hodisalarini*, shuningdek, ularning *struktura-mexanik xossalarini* tekshirdilar.

Kolloid va yuqori molekulali sistemalarni o'rganishda V.N. Kargin, B.V. Deryagin, I.I. Jukov, Z.A. Rogovin, S.M. Lipatov, akademik I.V. Petryanov-Sokolov, I.F. Yermolenko, F.D. Ovcharenko, K.S. Ahmedov, X.U. Usmonov, H.R. Rahimov, E.O. Oripov, S.Z. Mo'minov va boshqa olimlarning xizmatlari katta.

O'zbekistonda kolloid kimyo sohasidagi dastlabki tadqiqotlar 1918 yil 12 mayda **Munavvarqori Abdurashidxonov** boshchiligidagi jadid-ma'rifatchilar tashabbusi bilan ta'sis etilgan universitetning (*o'sha davrda Turkiston Davlat universiteti deb nomlangan*) noorganik kimyo kafedrasida o'tkazilgan. Turkiston davlat universitetining kimyo fakultetini va fakultet qoshida ochilgan ilmiy-tadqiqot laboratorisini tashkillashtirishda professor S.N. Naumov xizmati katta ekanligini e'tirof etish lozim.

O'zbekiston tuproqlari va loylarining kolloid kimyoviy tadqiqotlari O'rta Osiyo Davlat universitetining kimyo fakultetida B.G. Zaprometov tomonidan noorganik kimyo kafedrasida boshlangan. 1937 yili B.G. Zaprometov mustaqil "Kolloid kimyo" kafedrasini tashkil qilgan.

O'zbek olimlaridan akademiklar **K.S. Axmedov, X.U. Usmonov, H.R. Rustamov** va **E.O. Aripov, S.Z. Mo'minovlarning** bu sohani rivojlantirishda qilgan ishlari e'tiborga loyiqdir. Ular kolloid sistemalarni yangi turlarini yaratib, xalq xo'jaligiga katta foydalar keltirishdi. Ular kolloid kimyo fani bo'yicha o'quv adabiyotlar nashr etishdi.

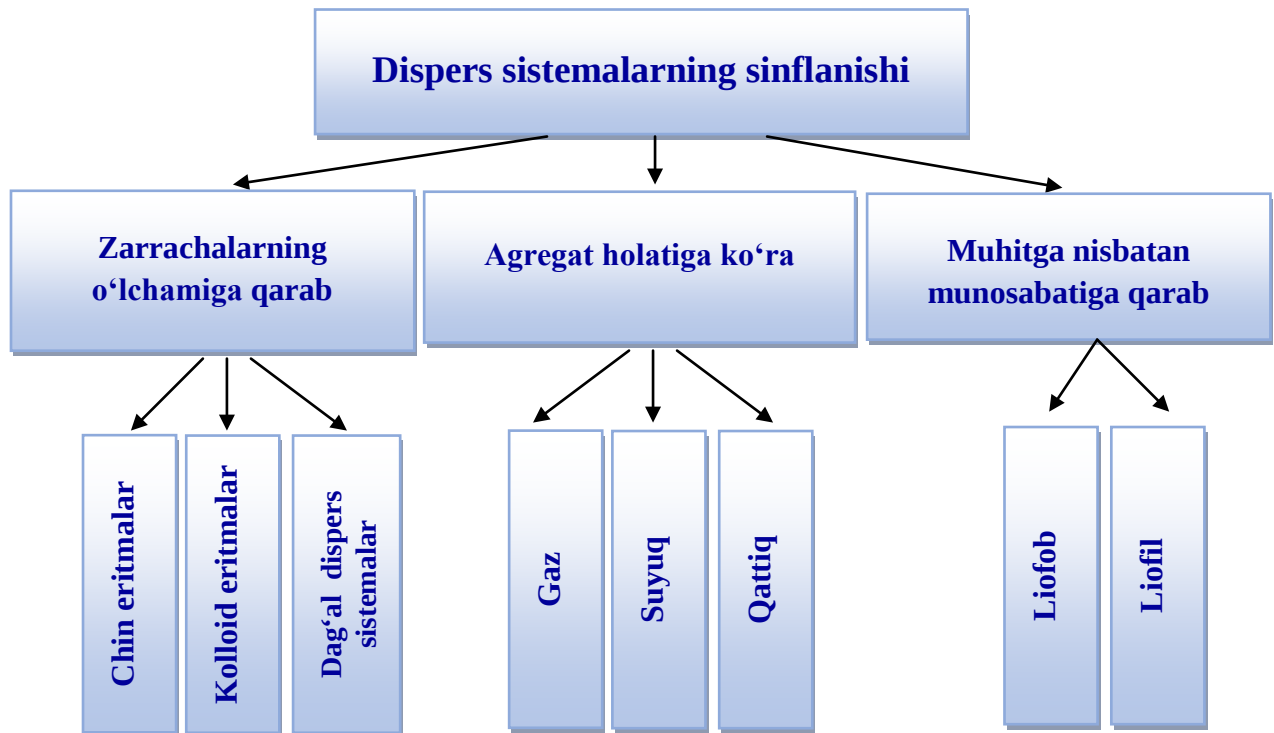
Kolloid kimyo sohasida hozirda O'zbekistonda qiziqarli ishlar olib borilmoqda:

Kolloid sistemalar turmushda va sanoatda g'oyat katta ahamiyatga ega. O'simlik va hayvonlar organizmining asosiy tarkibiy qismlari (*oqsil, qon va boshqalar*) kolloid holatda bo'ladi. Sintetik kauchuk, sun'iy ipak, plastmassa va hokazolar ishlab chiqarish texnologiyasi ham kolloid kimyo yutuqlariga asoslanadi.

Sun'iy ipak va sintetik materiallar (*kapron, lavsan va boshqalar*) ishlab chiqarishda *bo'kish, koagulyatsiya, adsorbsiya* va boshqa kolloid-kimyoviy jarayonlar katta ahamiyatga ega. O'simliklardan olingan tolalarni, hayvonlardan olingan junni, sintetik tolalarni *bo'yash uchun* kerakli bo'yoqlar ham kolloid sistemalar holida bo'ladi. Charm tayyorlash sanoatida *terini bo'ktirish, kullash, oshlash, kuldan yuvish* va hokazo jarayonlar kolloid kimyo usullarga asoslangan. *Metallurgiyada, kulolchilik ishlarida, sement, plastmassa, sun'iy toshlar, rangli shisha, qog'oz, sovun, surkov moylar, lak ishlab chiqarishda hamda texnikaning boshqa sohalarida, meditsina va qishloq xo'jaligida* kolloid-kimyoviy jarayonlarning ahamiyati nihoyatda katta.

1.1§. DISPERS SISTEMALAR VA ULARNING SINFLANISHI

Dispers sistemalarni – *zarracha o'lchami (dispersligi) bo'yicha, fazalarning agregat holati bo'yicha, dispers muhit bilan dispers fazaning o'zaro munosabatiga qarab sinflarga* bo'lish mumkin.



Dispers sistemaning *barqarorligi* dispers faza zarrachalarining *katta-kichiklikligiga (disperslik darajasiga)* bog'liq bo'ladi.

1. Dispers faza zarrachalarining o'lchamiga qarab:

- Dag'al dispers sistemalar (*suspenziya, emulsiya, poroshok*) $r=10^{-4} - 10^{-7}$ m; $a>100$ nm
- Kolloid dispers sistemalar (*zollar*), $r=10^{-7} - 10^{-9}$ m, $a=1 - 100$ nm
- Chin eritmalar (*molekulyar yoki ion eritmalar*), $r<10^{-9}$ m, $a<1$ nm

Dag'al dispers sistemaning dispers faza zarrachalarini ko'z bilan ko'rish mumkin. Kolloid zarralarni odatdagi mikroskopda ko'rib bo'lmaydi, chunki modda kolloid sistemalarda juda kichik zarrachalarga qadar maydalangan holda bo'ladi.

2. Dispers sistemalarni dispers faza va dispers muhit agregat holatiga qarab 9 turga bo'lish mumkin (V.Osvald):

I.2-jadval

№	Dispers muhit	Dispers faza	Shartli belgisi	Misollar
1	gaz	gaz	-	
2	gaz	suyuqlik	G/S	ko'pik, tuman, bulut, aerazol
3	gaz	qattiq	G/Q	tutun, chang, kukun
4	suyuqlik	gaz	S/G	ko'pik, gaz emulsiyalar, sprej, okean sathi
5	suyuqlik	suyuqlik	S/S	emulsiyalar: sut, suvdagi yog', neftdagi suv, benzindagi suv emulsiyalari va hokazo; mayonez emulsiyasi
6	suyuqlik	qattiq	S/Q	zollar, suspenziyalar, chiqindi suvlar, qattiq emulsiyalar (<i>tish pastasi</i>)
7	qattiq	gaz	Q/G	qattiq ko'piklar, qattiq aerazol, non, penza, ko'mir, mikrog'ovakli jismlar, penoplastlar
8	qattiq	suyuqlik	Q/S	marvarid, gellar, sement, iviqlar
9	qattiq	qattiq	Q/Q	qotishmalar, mineral rangli shishalar, qattiq suspenziyalar

Bu yerda G – gaz holatidagi modda; S – suyuq modda; Q – qattiq modda.

Birinchi turgan sistema *gaz - gaz*. Bu sistema odatda kolloid sistemaga kiritilmaydi, chunki gazga gaz qo'shilsa *gomogen sistema* bo'lib, *chegara sirt xosil bo'lmaydi*.

Yuqori disperslikka ega bo'lgan kolloid eritma zol deb ataladi (zol deyilishiga sabab kolloid eritma nemischa “sole”, lotincha «solutio»dir. Bu so'zlarning birinchi bo'g'ini (sol) dan kelib chiqqan).

Masalan, kumushning kolloid eritmasi kumush zoli, temir (III) - gidroksidning eritmasi temir zoli deb ataladi. Zollarni atashda dispers muhitning *tabiati* asos qilib olinadi. Jumladan,

-dispers muhit suv bo'lsa – **gidrozol**,

- dispers muhit organik erituvchi bo'lsa – **organzol** (alkazol, benzozol)
- dispers muhit gaz bo'lsa – **aerozol**,
- dispers muhit qattiq bo'lsa – **solidazollar** deb ataladi va h.k.

Masalan, *tuman* va *tutunlar* aerezollar jumlasiga kiradi. Suyuq dispersion muhitga ega bo'lgan zollar – **liozollar** deb ataladi.

3. Dispers faza bilan dispers muhit orasidagi o'zaro ta'sirlashish xarakteriga qarab dispers sistemalar liofil va liofob bo'ladi.

- **Liofil zollar** - *lyo-eritaman, philla* - *yoqtiraman* ma'noni anglatadi. Ya'ni, liofil zollarda dispers faza va dispers muhit kuchli bog'langan. Agar dispers muhit suv bo'lsa - **gidrofil zol** deyiladi.

Liofil zollarga – *oqsil, jelatina, pepsin* va *yuqori molekulali birikmalar (polimerlar)*ning eritmaları misol bo'ladi. Ularning asosiy xarakterli xossasi - erituvchilarda (*stabilizatorsiz*) o'z-o'zidan erib ketadi. Ularni eritishga tashqaridan energiya sarflanmaydi. Termodinamik barqaror.

- **Liofob zollar** - *lyo-eritaman, phobia* – *qo'rqinch*; ya'ni dispers faza dispers muhitda deyarli erimaydi, ular bir-biri bilan yomon bog'langan bo'ladi. Dispers muhit suv bo'lsa - **gidrofob zol** deyiladi.

Gidrofob zollarda ***zarrachalar yomon eriydigan birikmalardan iborat.*** Ularning zarrachalari deyarli solvatlanmaydi. Ularga tipik kolloidlar – *nodir metallarning zollari, galogenidlar (AgCl, AgBr, AgI) gidroksidlar (Fe(OH)₃)* misol bo'ladi.

Liofob zollarni tayorlashda tashqaridan energiya sarflash kerak. Liofob zollar termodinamik barqaror emas. Ularni olishda maxsus usullar qo'llaniladi va yana uchinchi modda - ya'ni stabilizator qo'shish kerak. Ularga ***suspenziyalar, emulsiyalar*** kiradi. Bunday sistemalar alohida molekula holida emas, balki molekulalar agregati - *mitsellalar* holida uchraydi. Mitsellalar o'lchami dispers faza molekulalari o'lchamidan katta. Shuning uchun ayrim zarracha va atrof muhit orasida sath oralig'i hosil bo'ladi. Bu kolloid sistemalarni *mikroeterogen sistema* deyishga imkon beradi.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Kolloid kimyo fanining kimyoviy texnologiyadagi ahamiyati.
2. Dispers sistemalar nimalar kiradi va ularga misollar keltiring?
3. Dispers sistemalarning sinflanishi.
4. Dispers faza, disper muhit, liofil va liofob tushunchalari.
5. “Disperslik” so‘zining ma’nosi. Disperslik qanday sistemalar uchun xos belgi xisoblanadi?
6. Dispers sistemalarning chin eritmalar bilan farqi.
7. Kolloid kimyo fanining rivojlanish tarixi.
8. Fanning rivojiga muhim hissa qo‘shgan o‘zbek olimlari.



2§. SATHDAGI HODISALAR. SIRT TARANGLIK TUSHUNCHASI

Dispers sistemalarning sirt hodisalarini ularning **geterogenlik va disperslik** alomatlariga bog‘liq funksiyalar yoki ularning oqibatlarini deb qarash lozim. Bulardan *geterogenlik dispers sistemaning sifat belgisi bo‘lib*, fazalararo chegara sirt, chunki sirt qavatlar mavjudligini isbotlaydi ($\sigma = G_s/S$).

Disperslik (D) sistemaning miqdor belgisi bo‘lib, disperslik darajasini anglatadi ($D = 1/r$). Disperslik darajasi o‘rniga ko‘pincha unga proporsional kattalik S_{sol} - *solishtirma sath* tushunchasi qo‘llaniladi:

$$S_{sol} = S_{umum} / V$$

formulada S_{umum} - fazalararo umumiy sirt yuza kattaligi, V - zarrachaning xususiy hajmi yoki zarracha o‘lchami.

Agar dispers faza zarrachalari *sferik shaklda* deb qabul qilinsa:

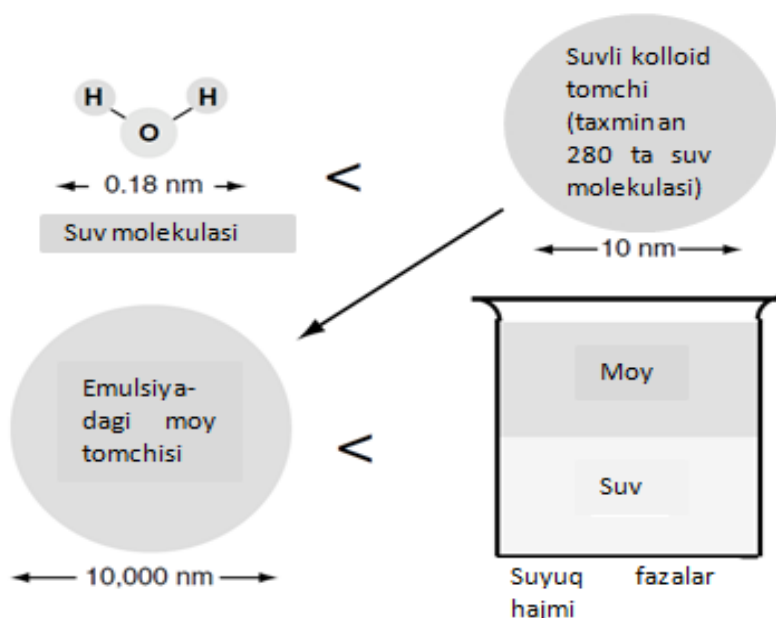
$$S = 4\pi r^2, \quad V = 4/3\pi r^3 \text{ bo‘lgani uchun,}$$

$$S_{sol} = 3/r \text{ bo‘ladi.}$$

Shunday qilib, “D” yoki “ S_{sol} ” zarracha radiusining qiymatiga teskari *proporsional*. Dispers sistemalarning ushbu ikki alomati - **geterogenlik va disperslik darajasi** birgalikda sirt hodisalar, umuman, fazalararo chegara sirtida boruvchi jarayonlar bilan chambarchas bog‘liqdir.

Dispers sistemalarning dispersligiga bog‘liq bo‘lgan muhim xossasi – ularning ularning *ichki sathini nihoyatda katta bo‘lishidir*. Masalan: tomonlari 1sm^3 bo‘lgan kub shaklidagi moddaning sathi 6sm^2 bo‘lsa, uni maydalasak (10nm gacha) umumiy sathi $6 \cdot 10^6\text{sm}^2$ bo‘lgan – **10^{18} ta** kolloid zarracha xosil bo‘ladi. *Mana shu ulkan maydon (sath) kolloid holatni o‘ziga xosligini belgilab beradi.*

Xuddi shuningdek, kolloid sistemalarda 10 nm dan 10.000 nm o'lchamlik ham joiz bo'lishi mumkin. 2.1 - rasmda ko'rsatilganidek suv molekulasini o'lchami 0,18 nm deb qaralsa, kolloidli suvda 10 nm bo'ladi. Emulsiyalar hosil bo'lganda 10.000 nm ga yetadi.¹



2.1 – rasm. Kolloidlar va chegara sirtlar orasidagi bog'liqlikning namoyon bo'lish sohasi

Dispers sistemalarda fazalar chegarasida kuzatiladigan, sath qatlami tarkibi va tuzilishiga bog'liq bo'lgan jarayonlar **sathdagi hodisalar** deyiladi. Ularga

- **adsorbsiya,**
- **ho'llanish,**
- **flotatsiya,**
- **yoyilish,**
- **adgeziya,**
- **kogeziya** va boshqalar kiradi.

Bu xodisalarning yuzaga kelishiga bir-biriga tegib turgan yuza qatlamlaridagi molekulalarning o'ziga xos holati sabab bo'ladi. Yuza qatlam ichki qatlamdan fizik

¹ Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications, Second Edition. Drew Myers Copyright 1999 John Wiley & Sons, Inc. Page 4-5

kimyoviy xarakteristikalari – **sirt tarangligi, zichligi, qovushqoqligi, elektr o‘tkazuvchanligi** bilan keskin farq qiladi.

Sathdagi hodisalar sinflarga ajratishda termodinamikaning I va II qonunlarini ideal sistemalar uchun umumlashtirilgan ifodasidan foydalaniladi:

$$dG_S = -SdT + VdP$$

Shu tenglamani real dispers sistemalar uchun qo‘yidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$dG_S = -SdT + VdP + \sigma dS + \sum \mu_i dn_i + \varphi dq$$

tenglamada, dG_S - Gibbs energiyasining o‘zgarishi; SdT – issiqlik energiyasi, VdP - mexanik energiya; σdS - sirt energiyasi; $\sum \mu_i dn_i$ -kimyoviy energiya; φdq - elektr energiyalarining yig‘indisiga teng.

Ikkinchi jihatdan *sirt energiyasi* – “ σdS ” fazalararo chegara sirtida boruvchi jarayonlar natijasida

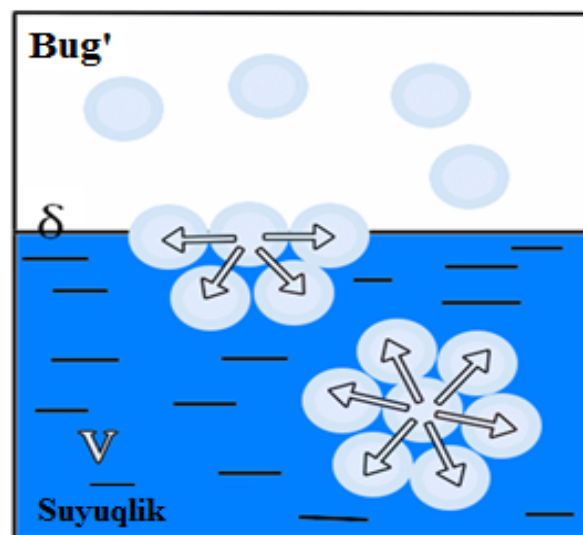
- mexanik energiyaga – “ VdP ”(adgeziya va koageziya jarayonida),
- Gibbs energiyasiga – “ G_S ” (turli jarayonlar davomida bajarilgan ish),
- issiqlik energiyasiga – “ SdT ”(ho‘llanish, bo‘kish jarayonlarida),
- kimyoviy energiyaga – “ $\mu_i dn_i$ ” (kataliz, adsorbsiya) va
- elektr energiyasiga – “ φdq ” (elektroforez, elektroosmos natijasida), aylanishi mumkin.

Shunday qilib, sirt hodisalar tabiati, ya’ni sirtida u yoki bu jarayonning borishi fazalararo *chegara sirtning xolati* bilan bog‘liqdir. Shuning uchun *fazalararo sirtlar termodinamikasini* o‘rganish kolloid kimyoda katta ahamiyat kasb etadi. Sirt qavatlar termodinamikasini xarakterlaydigan kattalik ***sirt taranglikdir***.

Masalan, qattiq jismlar va suyuqliklar qo‘shni fazalar bilan chegara sathga ega. Hajmdagi va sathdagi molekulalarning holatlari bir xil emas. Qattiq jism yoki suyuqlikning chegara sathi *ortiqcha Gibbs energiyasiga ega*. Chunki, chegara sathdagi molekulalarning tortishish kuchlari to‘la sarflanmaydi.

Suyuqlikning *ichki qismidagi* (hajmidagi) molekulani (2.2-rasm) boshqa molekulalar hamma tomondan bir xilda tortib turadi va barcha kuchlar bir-birini

muvozanatlaydi. Bu holda ta'sir etuvchi kuchlar nolga teng ($F=0$). Sathdagi molekulalarga suyuqlik va gaz fazasi tomonidan **ta'sir qiluvchi kuchlar teng emas, shu tufayli ularga tepadan pastga yo'nalgan kuch ta'sir qiladi**. Chegara sathdagi hamma molekulalarga xuddi shunday kuch ta'sir etadi. Hajmdagi molekula sathga chiqishida ana shu kuchga qarshi ish bajaradi. Shu sababli sath yuzasida ortiqcha Gibbs **energiyasiga** (ΔG) ega bo'lgan molekulalardan tashkil torgan sathi qatlam hosil bo'ladi. O'sha sirt energiya ta'sirida suyuqlik sirtida turgan molekulalar mumkin qadar suyuqlik ichiga kirishga intiladi, ya'ni suyuqlik o'z sirtini kamaytirishga harakat qiladi.



2.2 – rasm. Sirt taranglik kuchini yuzaga kelish sxemasi. Molekulani suyuqlik ichidagi (v) va suyuqlik sirtidagi holati (δ).

Sathdagi ortiqcha energiya miqdori quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$G = \sigma S \quad (2.1)$$

S – suyuqlik sathi, σ – suyuqlikning sirt tarangligi.

Demak, suyuqlik sirtini kattalashtirish uchun ish(energiya) sarf qilish kerak.

Suyuqlik sirtini 1 sm² yoki 1 m² ga kattalashtirish uchun sarf qilish zarur bo'lgan energiya miqdori shu suyuqlikning sirt tarangligi deyiladi yoki fazalararo chegara sirtning 1 sm² yoki 1 m² yuzasiga muvofiq keluvchi erkin energiyaga sirt taranglik deyiladi.

Sirt taranglik koeffitsiyenti – “ σ ” bilan ifodalanib $G = \sigma S$ bundan $\sigma = G / S$, formuladan ko'rinib turibdiki, fazalar chegarasidagi sath qancha katta bo'lsa, bu fazalar chegarasidagi erkin energiya zahirasi shuncha ko'p bo'ladi. Bundan tashqari suyuqlikning sirt tarangligi qancha katta bo'lsa, uning sath energiyasi ham ko'p bo'ladi. Sirt tarangligi qo'yidagi birliklarda o'lchanadi:

SI sistemasida – $J/m^2 = N/m^2 = N/m$; SGS sistemasida – $erg/sm^2 = dina \cdot m/sm^2 = dina/sm$; $1 J/m^2 = 1000 erg/sm^2 = 1000 dina/sm$.

Sirt taranglik qo'yidagi faktorlarga(omillarga) bog'liq:

1) suyuqlik tabiatiga; molekulararo tortishish kuchi kancha katta bo'lsa, sirt taranglik shuncha katta bo'ladi;

2) haroratga; harorat ortgan sari sirt taranglik kamayadi; (*nimaga deb o'ylaysiz?*)

3) ikkinchi faza tabiatiga bog'liq.

Antonov qoidasiga ko'ra, ikki suyuqlikning fazalararo sirt tarangligi o'sha suyuqlikning havo bilan chegaralangan holatdagi sirt tarangliklari ayirmasiga teng, ya'ni:

$$\sigma_{\text{suv/benzol}} = \sigma_{\text{suv/xavo}} - \sigma_{\text{benzol/xavo}}$$

4) erigan modda tabiatiga bog'liq. Shunga ko'ra erigan moddani 3 turga bo'lish mumkin:

- a. sirt faol modda - sirt taranglikni kamaytiruvchi,
- b. sirt befarq modda - sirt taranglikni o'zgartirmaydigan,
- v. sirt nofaol modda - sirt taranglikni oshiradigan moddalar.

Demak, sirt taranglikning kelib chiqish sababi suyuqlik molekularari orasidagi bog'lanishdir.

2.1-jadvalda ba'zi moddalarning sirt tarangliklari keltirilgan.

2.1-jadval

Ba'zi moddalarning havo bilan chegaradagi sirt tarangligi $\left(\frac{\text{erg}}{\text{sm}^2}\right)$

Modda	t°, C	σ	Modda	t°, C	Σ
Suyuq geliy	-270	0,22	Chumoli kislota	25	36,8
Suyuq azot	-193	8,27	Osh tuzi	803	113,8
Suyuq ammiak	10	24,25	Anilin	25	43,2
Geksan	25	17,9	Suv	25	71,95
Uglerod (IV) xlorid	25	25,02	Qo'rg'oshin	350	442,0
Benzol	25	28,2	Oltin	700	1207,6
Uglerod (IV) sulfid	25	31,5	Platina	2000	1819,0
Etil spirt	25	22,1			

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, suyuqliklar ichida simob eng katta sirt taranglikka ega, undan keyin suv va organik moddalar turadi, siqilgan gazlar esa eng kichik sirt taranglikka ega.

Kritik haroratga yetganda suyuq va gaz fazalar orasidagi farq yo‘qolib sirt taranglik *nolga teng bo‘lib qoladi*. Suyuqlik–suyuqlik sistemada ham, kritik erish haroratda (*ya’ni ikkala suyuqlik bir-birida cheksiz eruvchan bo‘lib qolgan haroratdan keyin*) sirt taranglik nolga teng bo‘ladi.

Qattiq jismlarning sirt tarangligini faqat bilvosita usullar bilan aniqlash mumkin. Qattiq jismda molekulalararo tortishish kuchlari suyuqlikdagi molekulalararo tortishish kuchlaridan ancha ortiq bo‘lgani uchun qattiq jismlarning sirt tarangligi kattaroq qiymatlarga ega bo‘ladi. 2.2-jadvalda ba’zi kristallarning I.I. Jukov topgan sirt taranglik qiymatlari keltirilgan.

2.2-jadval

Ba’zi kristall moddalarning sirt tarangliklari

Moddalar	Temperatura t°, C	σ, erg/sm²
SaF₂	30	2500
SrSO₄	30	1400
BaSO₄	25	1250
PbF₂	25	900
AgCrO₄	26	575
CaSO₄·2H₂O	30	270
PbJ₂	30	130

Demak, sath energiyasi tabiatan *potensial energiya* bo‘lganligi uchun termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan o‘zini mumkin qadar kamaytirishga intiladi. Sath energiyani kamaytirishga olib keluvchi hodisalar –***ho‘llanish, flotatsiya, yoyilish, adgeziya, kogeziyava adsorbsiyalardir.***

2.1§. QATTIQ JISM SIRTINING SUYUQLIK BILAN HO‘LLANILISHI

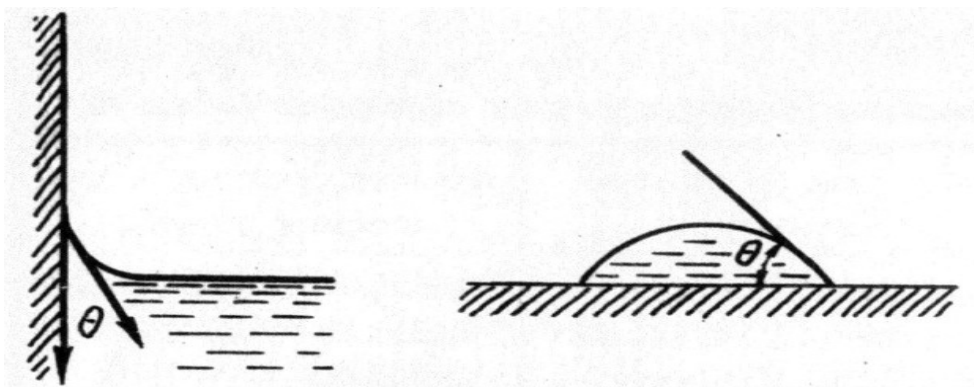
Suyuqlik va qattiq jism chegarasida bo‘ladigan hodisalar, jumladan, qattiq jism sirtini suyuqlik bilan ho‘llanishi quyidagi ikki kuchga bog‘liq:

-suyuqlik molekulalarining o'zaro va
-suyuqlik molekulalari bilan qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchlariga bog'liq.

I. Agar suyuqlik molekulalarining o'zaro tortishish kuchi suyuqlik molekulalari bilan qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchidan ancha kuchsiz bo'lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini *to'liq ho'llaydi* (suyuqlik qattiq jism sirtiga yoyilib ketadi). Masalan, suv toza shisha sirtini to'liq ho'llaydi.

II. Agar suyuqlik molekulalarining o'zaro tortishish kuchi suyuqlik molekulalari bilan qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchidan kamroq bo'lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini *qisman ho'llaydi*.

Suyuqlik sirtiga o'tkazilgan urinma bilan qattiq jism sirtiga o'tkazilgan urinma orasidagi burchak *chet burchak* (yoki *ho'llanish burchagi*) deb ataladi va θ harfi bilan ishoralanadi. Agar suyuqlik qattiq jismni ho'llasa, chet burchak o'tkir, ya'ni $\theta \leq \pi/2$ bo'ladi. Agar $\theta = 0$ bo'lsa, suyuqlik qattiq jismni to'liq ho'llagan bo'ladi. **2.3-rasmda** vertikal qattiq jismni ho'llayotgan suyuqlik va suyuqlikning gorizontaal qattiq jism sirtiga tushirilgan tomchisi tasvirlangan.

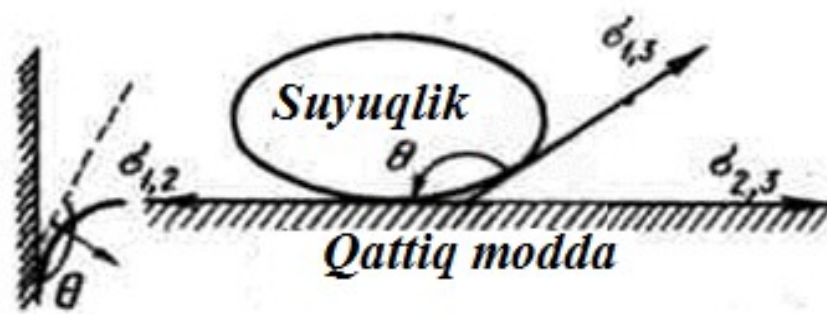


2.3-rasm. Vertikal qattiq jismni qisman ho'llayotgan suyuqlik va bunday suyuqlikning gorizontaal qattiq jism sirtiga tushirilgan tomchisi

III. Agar suyuqlik molekulalarining o'zaro tortishish kuchi suyuqlik molekulalari bilan qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchidan katta bo'lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini *amalda ho'llamaydi*.

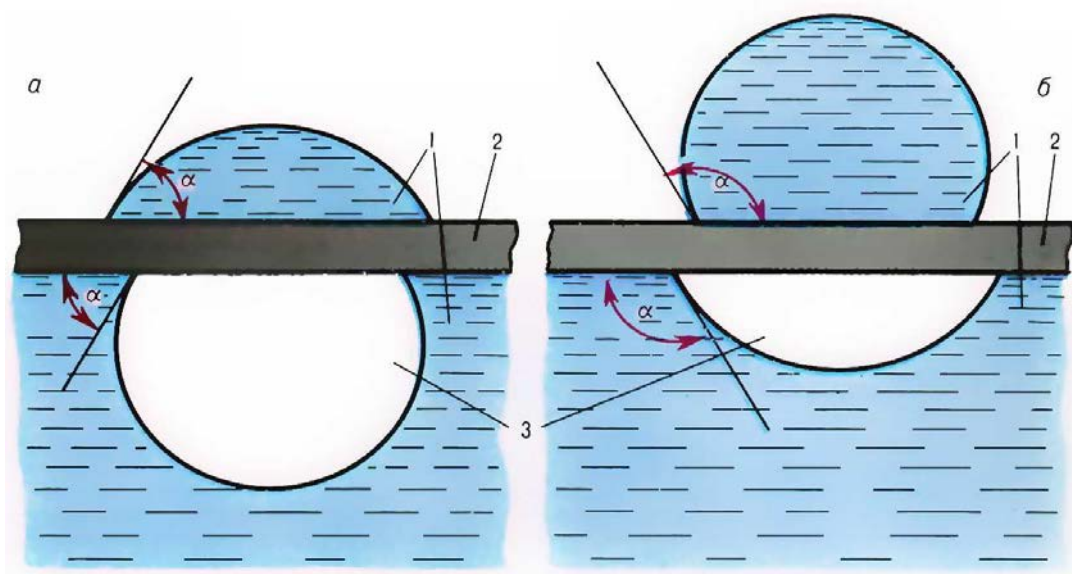
Qattiq jismni ho'llamaydigan suyuqlik tomchisi qattiq jism sirtida *ellipsoid* shaklini oladi. **2.4-rasmda** qattiq jismni ho'llamaydigan suyuqlik tomchisi va

suyuqlikning idish devori yonidagi sirti ko'rsatilgan. Bu holda chet burchak o'tmas (ya'ni $\theta > \pi/2$) ekanligi aniq ko'rsatilgan.



2.4-rasm. Qattiq jismni ho'llamaydigan suyuqlik

Agar chet burchak 180° ga teng (ya'ni $\theta = \pi$) bo'lsa, suyuqlik qattiq jismni u m u m a n ho'llamaydi. Lekin amalda bunday moddalar uchramaydi, juda oz bo'lsa ham suyuqlik qattiq jismni ho'llaydi. Shuni ham aytib o'tish kerakki, har bir suyuqlik ba'zi qattiq jismlarni ho'llaydi, ba'zilarini ho'llamaydi. **Masalan,** suv toza shisha sirtini ho'llaydi, ammo parafin sirtini ho'llamaydi; simob shisha sirtini ho'llamaydi, lekin toza temir sirtini ho'llaydi. Suv bilan ho'llanadigan qattiq jism sirti **gidrofil sirt**¹ (a) deb ataladi; ho'llanmaydigan jismlarning sirtlari esa **gidrofob** yoki **oleofil sirtlar** (b) deyiladi. Parafin, talk, grafit, oltingugurt sirtlari shular jumlasiga kiradi.



¹ Colloid Science: Principles, methods and applications, Second Edition Edited by Terence Cosgrove_ 2010 John Wiley & Sons, Ltd, P. 375

Sirtlarni sun'iy ravishda biror suyuqlik bilan ho'llanadigan yoki ho'llanmaydigan qilish mumkin. Masalan, biror qattiq uglevodorodning sirtiga sirt-faol modda surkab, uni suv bilan ho'llanadigan holatga keltirish mumkin.

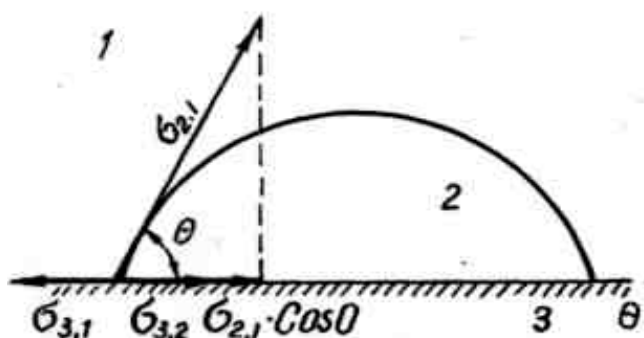
Ho'llanish turli **texnologik jarayonlarda chunonchi, ruda va ko'mirlarni boyitishda** katta rol o'ynaydi. Suvda «kambag'al ruda» suspenziyasi tayyorlab, unga maxsus sirt-faol modda qo'shilganida, qimmatbaho rudaning sirti gidrofoblanadi; bo'sh jins, ya'ni kvars, silikatlar, ohaktoshlar ho'llanib, suv tagiga cho'kadi. Suspenziya orqali havo oqimi o'tkazilganida sirti gidrofoblangan ruda zarrachalari ko'pik holida suyuqlikning yuzisiga qalqib chiqadi. Bu jarayon **rudaning flotatsiyasi (boyitilishi)** deb ataladi. Keyingi vaqtlarda flotatsiya sanoatning boshqa sohalarida ham qo'llaniladigan bo'ldi.

2.2§. HO'LLANISHNING MIQDORIY IFODASI

Agar qattiq jism ustiga bir tomchi ho'llovchi suyuqlik tomizsak qattiq jism sirt energiyasi o'z qiymatini kamaytirishga intilib, suyuqlik tomchisini yoyiltirib yuboradi (2.5 - rasm).

Ho'llanishning miqdoriy ifodasi sirt taranglik kuchlariga bog'liqdir.

Qattiq jismning gaz (havo) bilan chegarasidagi sirt tarangligini $\sigma_{3,1}$ orqali ifodalansa:



2.5-rasm. Chet burchak bilan $\sigma_{3,1}$, $\sigma_{3,2}$ va $\sigma_{2,1}$ orasidagi bog'lanish:
1-havo; 2-suyuqlik; 3-qattiq jism.

Qattiq jism bilan suyuqlik chegarasidagi fazalararo sirt energiya $\sigma_{3,2}$ suyuqlik tomchisini siqish yo'li bilan o'zining qiymatini kamaytirishga intiladi. Tomchi ichidagi molekulalararo kuchlar ham suyuqlik tomchisining yoyilib ketishiga qarshilik ko'rsatadi. Bu kuch rasmda $\sigma_{2,1}$ bilan ko'rsatilgan. Bu uchta

kuch o'rtasida muvozanat qaror topishining sharti **Yung** tomonidan chiqarilgan quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\sigma_{3,1} = \sigma_{2,3} + \sigma_{2,1} \cos \Theta \quad (2.2)$$

Bu tenglamadan foydalanib, ho'llanishning miqdori xarakteristikasi chet burchak

kosinusi ekanligini aniqlaymiz:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{3,1} - \sigma_{3,2}}{\sigma_{2,1}} \quad (2.3)$$

Tenglama (2.3) **Yung qonuni** deb ataladi, undan quyidagi xulosa kelib chiqadi: suyuqlik bilan qattiq jism o'rtasida muvozanat qaror topganida ho'llanish chet burchagi (θ) faqat sirt chegaraning molekulali tabiatiga bog'liq, lekin tomchining katta-kichikligiga bog'liq emas (bu tenglamadagi $\sigma_{3,1}$ va $\sigma_{2,3}$ larni bevosita o'lchab bo'lmaydi, faqat ular orasidagi ayirma haqida fikr yuritish mumkin).

Tenglama (2.3) dan ko'ramizki, $\cos \theta$ qanchalik katta bo'lsa, ho'llanish shunchalik kuchli bo'ladi. Demak, $\theta=90^\circ$ yoki $\cos \theta=0$ bo'lgan holat sirtining liofillik yoki liofoblik chegarasini ifodalaydi.

Har qaysi modda o'zining chet burchak qiymatiga ega. Masalan:

Modda	kvars	malaxit	galenit	Grafit	talk	oltingugurt	parafin
Θ	0°	17°	47°	$55-60^\circ$	69°	78°	105°

Bu qatorda kvarsdan parafinga o'tgan sari suv bilan ho'llanilish intensivligi kamaya boradi. Bu yerda ham tanlab ta'sir etish kuzatiladi: *har qaysi suyuqlik qutblanganligi jihatidan o'ziga yaqin qattiq jism sirtini ho'llaydi, ya'ni qutbli sirtni qutbli suyuqlik, qutbsiz sirtni qutbsiz suyuqlik to'liq ho'llaydi.*

2.3§. HO'LLANISH ISSIQLIGI

Ho'llanish sirt energiyaning kamayishi bilan o'z-o'zicha sodir bo'ladigan jarayondir. Biror adsorbent suyuqlikka tushirilganida ho'llanish issiqligi ajralib chiqadi. Uning qiymati:

$$Q = S_{sol.} (E_1 - E_2) \quad (2.4)$$

bilan ifodalanadi. Bu yerda

$S_{sol.}$ —adsorbentning solishtirma sirti

E_1 —adsorbentning *adsorbent-havo* chegarasidagi to'liq sirt energiyasi;

E_2 —adsorbentning adsorbent–suyuqlik chegarasidagi to'liq sirt energiyasi.

Differensial va integral ho'llanish issiqliklari mavjud. Bu issiqliklarning qiymatlari qattiq jismni ho'llaydigan suyuqlik miqdorlariga bog'liq.

Ma'lum (x) miqdor zarrachalarni adsorblab olgan suyuqlik sirtiga cheksiz kam miqdor suyuqlik qo'shilganida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori Q_d —differensial xo'llanish issiqligi deb ataladi. Uning kattaligi $J \cdot mol^{-1} m^2$ lar bilan ifodalanadi. Qattiq jism sirtiga qo'yilgan tomchi ustiga yana tomchilar qo'shila borganida sistemaning differensial ho'llanish issiqligi kamaya boradi. Binobarin, differensial ho'llanish issiqligining maksimal qiymati qattiq jism sirtidagi suyuqlik miqdori nolga teng bo'lgan holatdagi ho'llanishga, ya'ni fazalarning ajralish chegarasiga muvofiq keladi.

Termodinamik mulohazalar yuritish natijasida differensial ho'llanish issiqligi *sof adsorbsiya issiqligiga* teng ekanligi aniqlandi.

Integral ho'llanish issiqligi Q_i - deganda sirt birligiga x miqdor suyuqlik berilganida ajralib chiqadigan issiqlik miqdorini tushunmoq kerak. Ayni sirt bilan qancha ko'p miqdor suyuqlik o'zaro ta'sirlashsa, shuncha ko'p integral issiqlik ajralib chiqadi. Integral ho'llanish issiqligi bilan differensial ho'llanish issiqligi

orasida quyidagi bog'lanish bor:

$$Q_i = \int_0^x Q_d dx \quad (2.5)$$

Agar berilgan suyuqlik miqdori sirt bilan o'zaro ta'sirlashadigan miqdordan ortiq bo'lsa, bu holda kuzatiladigan integral issiqlik to'g'ridan-to'g'ri **ho'llanish issiqligi** deb yuritiladi. Sirtida monomolekulali qavat hosil bo'lganida Q_i to'liq ho'llanish issiqligiga teng bo'ladi.

Moddalarning ho'llanish issiqligiga uning *solishtirma sirti* nihoyatda katta ta'sir ko'rsatishini nazarda tutib, **P.A. Rebinder** biror moddaning qutbli suyuqlik (*masalan, suv*) bilan o'zaro ta'sir etish intensivligini xarakterlash uchun o'lchov sifatida ayni modda suvda ho'llanish issiqligining (Q_1) uglevodorodlarda ho'llanish issiqligiga (Q_2) nisbatanidan (α) foydalanishni taklif etdi:

$$\alpha = \frac{Q_1}{Q_2}$$

Agar $\alpha > 1$ bo'lsa, sirt *gidrofil*, $\alpha < 1$ bo'lganda esa sirt *gidrofob* bo'ladi.

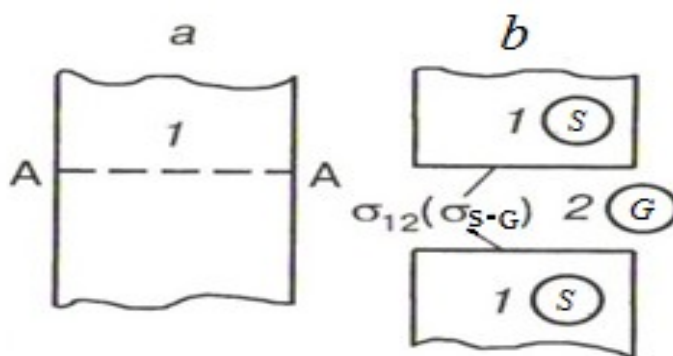
2.3-jadval

Ba'zi sirlarning 25°C dagi ho'llanish issiqliklari (kal/sm^2 yoki kal/g hisobida)

Qattiq jism	H ₂ O, kal/sm^2	CCl ₄	C ₆ H ₆ , kal / g	n – C ₆ H ₁₄ , kal/g
TiO ₂ rutil	550	240	—	135
Al ₂ O ₃	400-600	—	—	100
SiO ₂	400-600	270	—	10
BaSO ₄	490	220	—	—
Teflon-b	6	—	—	47
Agar-agar	44,8	—	1,28	—

2.4§. KOGEZIYA VA ADGEZIYANING MIQDORIY XARAKTERISTIKASI

Ayni fazadagi modda zarrachalari (*atom va molekulalar*) orasida o'zaro tortishish kuchlarning namoyon bo'lishi *kogeziya* deb ataladi. Kogeziya moddaning uzilishiga bo'lgan qarshiligini, ichki bosimi va hokazo xossalarini xarakterlaydi.



2.6-rasm. Kogeziyon ta'sirlar: a va b- kogeziyani buzilishidan oldingi va keyingi holatlar

Kogeziyani yengish uchun sarflanadigan energiya modda ko'ndalang kesim yuzining 1 sm^2 ga to'g'ri keladigan ish miqdori bilan ifodalanadi. Agar kesim yuzi 1 sm^2 bo'lgan jism uzilsa, 2 sm^2 yangi sirt hosil bo'ladi. Shu sababli kogeziyani yengish uchun bajarilgan ish:

$$A_{\text{kog}} = 2\sigma \quad (2.6)$$

formula bilan ifodalanadi (bu yerda σ sinaladigan jismning havo bilan chegarasidagi sirt tarangligi).

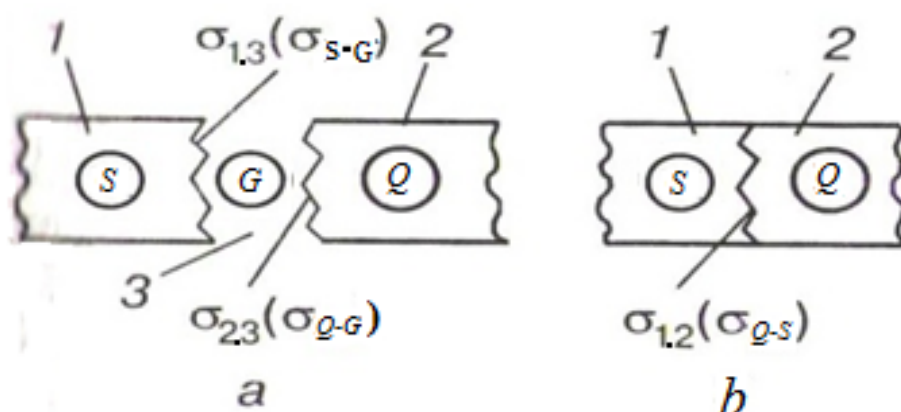
Agar modda bug' holatga o'tsa u holda modda ichidagi molekulali bog'lanishlar uziladi va uzilish energiyasi ayni moddaning bug'ga aylanish entalpiyasiga teng bo'ladi: $\Delta H_{\text{bug}'} = \Delta G_{\text{bug}'} + T \Delta S_{\text{bug}'}$ (2.7)

bu yerda: $\Delta G_{\text{bug}'}$ —moddaning bug'ga aylanish izobar potentsiali; $\Delta S_{\text{bug}'}$ —moddaning bug'ga aylanish entropiyasi; T —absolyut harorat.

Qattiq jismlarning bug'ga aylanish energiyasi ayni modda kristallik panjara energiyasiga teng bo'ladi.

Turli fazalardagi moddalar zarrachalari orasida o'zaro ta'sir kuchlarining namoyon bo'lishi adgeziya deb ataladi.

Bir moddaning sirti boshqa xil moddaning sirtiga tekkanida va bir-biriga tortilganida adgeziya hodisasi sodir bo'ladi.



2.7-rasm. Ikki jismni adgeziyadan oldingi va adgeziyadan keyingi o'zaro ta'siri

Demak, adgeziyada bajarilgan ish sirt birligi uchun hisoblanadi. *Adgeziyada bajarilgan ishni fazalararo sirt qavatni bir-biridan ajratish uchun zaruriy energiya deb qarash mumkin.* Bu holda ikkita faza mavjud bo'lganligi uchun fazalararo yangi sirt hosil bo'ladi. Natijada sistemaning dastlabki erkin energiyasi adgeziyada bajarilgan ish qiymati qadar kamayadi. Shunga ko'ra **Dyupre**, adgeziyada bajarilgan ish uchun quyidagi tenglamani taklif qildi:

$$A_a = \sigma_{2,1} + \sigma_{3,1} - \sigma_{2,3} \quad (2.8)$$

bu yerda A_a —adgeziyada bajarilgan ish, $\sigma_{2,1}$ —birinchi faza bilan havo chegarasidagi sirt taranglik, $\sigma_{3,1}$ — ikkinchi faza bilan havo orasidagi sirt taranglik, $\sigma_{2,3}$ — birinchi va ikkinchi fazalararo sirt taranglik.

Dyupre tenglamasi *energiya saqlanish qonunining* adgeziya uchun tatbiq etilishini ifodalaydi. Tenglamadan ko'rinib turibdiki, dastlabki komponentlarning sirt tarangliklari qancha katta va fazalararo sirt taranglik qancha kichik bo'lsa, adgeziyada bajariladigan ish shunchalik katta qiymatga ega bo'ladi. Suyuqliklar bir-birida cheksiz erigan sharoitda fazalararo sirt taranglik nolga teng bo'lib qoladi. Binobarin, ikki moddaning bir-birida erish sharti:

$$A_a \geq \sigma_{2,1} + \sigma_{3,1} \quad (2.9)$$

ekanligini ko'ramiz. Kogeziya entalpiyasi 2σ ga tengligini nazarga olib:

$$A_a \geq \frac{2\sigma_{2,1} + 2\sigma_{3,1}}{2} = \frac{A'_k + A''_k}{2} \quad (2.10)$$

ni olamiz. Bu yerda A'_k – birinchi moddaning kogeziya entalpiyasi, A''_k – ikkinchi moddaning kogeziya entalpiyasi.

Yuqoridagi tenglamalardan foydalanib, adgeziyada bajarilgan ish uchun quyidagi tenglamani keltirib chiqarish mumkin:

$$A_a = \sigma_{2,1} (1 + \cos\Theta) \quad (2.11)$$

Bu tenglama asosida A_a ni suyuqlikning sirt tarangligi $\sigma_{2,1}$ va ho'llanish burchagining kosinusidan hisoblab chiqarish mumkin. Adgeziya qancha kuchli namoyon bo'lsa, $\cos\Theta$ shuncha katta qiymatga ega bo'ladi. (2.10) tenglamadan

ko‘ramizki, o‘zaro muvozanatda turgan ikki faza bir-birida erib ketishi uchun adgeziyada bajariladigan ishning qiymati ayni fazalar kogeziya entalpiyalari yig‘indisining *yarmiga teng yoki undan katta bo‘lishi kerak*. Adgeziya hodisasi fazalararo sirt taranglikning o‘z-o‘zicha kamayishi natijasida kelib chiqadi; binobarin, adgeziya termodinamik jihatdan o‘z-o‘zicha sodir bo‘la oladigan jarayonlar jumlasiga kiradi. Adgezion o‘zaro ta’sirning kattaligi Van-der-Vaals kuchlari qiymatlaridan tortib, to sof kimyoviy bog‘lanish energiyalariga qadar bo‘lishi mumkin.

2.5§. ADGEZIVLAR

Suyuqlik qattiq jismga adsorblanganida bir qattiq sirtning ikkinchi qattiq sirt bilan yopishish (adgezion) ta’siri oshishi mumkin. Qattiq sirtlarning o‘zaro yopishishiga yordam beruvchi moddalar *adgezivlar* deb ataladi. Ular quyidagicha sinflarga bo‘linadi.

Organik adgezivlar:

1. Neft asosida tayyorlangan adgezivlar (*neft-bitumlar, gudronlar va mazut*);
2. Qattiq yonuvchi qazilmalar asosida tayyorlangan adgezivlar (smolalar, chirkalar, kokslash va yarim-kokslash qoldiqlari). Ular jumlasiga toshko‘mir asosida tayyorlangan adgezivlar, tabiiy gaz asosida tayyorlangan adgezivlar ham kiradi;
3. Hayvonlardan olinadigan moddalardan tayyorlangan adgezivlar: kazein, jelatina, albumin va hokazo;
4. O‘simlik moddalar asosida tayyorlangan adgezivlar: kraxmal, shirach va hokazo;
5. Yuqori molekulali birikmalar asosida tayyorlangan adgezivlar (epoksid smolalar, poliakrilamid va hokazo).

Anorganik adgezivlar:

- 1. Alyumosilikatlar (gellar);
- 2. Sulfatlar-kalsiy sulfat (gips), magniy sulfat;

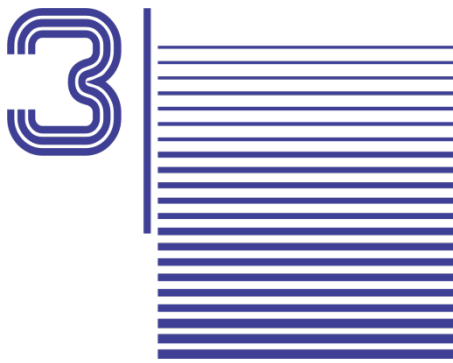
- 3. Karbonatlar-kalsiy karbonat (ohaktosh), magniy karbonat (magnezit), kalsiy-magniyli karbonat (dolomit);
- 4. Sementlar (portlandsement, roman-sement va boshqa sementlar);
- 5. Fosfatlar;
- 6. Eruvchi shisha;
- 7. Silikalsitlar;
- 8. Ishlab chiqarish qoldiqlari (shlaklar, cho‘yan qirindilari va hokazo).

Murakkab adgezivlar: Organik moddalar bilan mineral moddalar aralashmasi asosida tayyor-langan adgezivlar;

2. Organik moddalar asosida tayyorlangan murakkab adgezivlar (sulfat-spirt, barda va hokazo);
3. Anorganik moddalar asosida tayyorlangan murakkab adgezivlar.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Dispers sistemalar geterogenligi bilan fazalararo sirt energiyasi orasida qanday bog‘liqlik bor?
2. Sirt taranglik deb nimaga aytiladi?
3. Sirt-faol moddalar (SFM) deb nimaga aytiladi, va ular qanday belgilanadi?
4. Sirt-faol moddalarga misollar keltiring.
5. Ho‘llanish hodisasi, chet burchak, ho‘llanish issiqligi tushunchalariga ta’rif bering.
6. Kogeziya va adgeziya miqdoriy jihatdan qanday xarakterlanadi?
7. Suyuqlikning kapillyar bosimi nimadan iborat?
8. Yung tenglamasi qanday kattaliklar orasidagi bog‘lanishni ko‘rsatadi?



3§. ADSORBSIYA HODISALARI. QATTIQ JISM SIRTIDAGI ADSORBSIYA

Barcha dispers sistemalarda dispers faza zarrachalari sirtida *erkin energiya* *zaxirasi* bo'ladi. Sirt energiya o'z tabiati jihatidan potensial energiya bo'lganligi uchun *termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq* har qanday jism o'zining sirt energiyasini mumkin qadar kamaytirishga intiladi, yani jism sirtida erkin energiyani kamaytiradigan jarayonlar sodir bo'ladi. Shuning uchun ham kolloid (va *umuman dispers*) sistemalar termodinamik jihatdan *beqaror sistemalar*dir. Ularda doimo dispers faza zarrachalari sirtini kamaytiradigan jarayonlar (masalan, *koagulyatsiya*) sodir bo'lishi mumkin.

Sirt energiyaning kamayishiga olib keluvchi jarayonlardan biri **sorbsiya** jarayonidir. Umuman, biror modda sirtida yoki xajmi bo'yicha ikkinchi bir moddani o'z-o'zidan **yutilishiga** – **sorbsiya** deyiladi.

- 1 **yutgan modda sorbent,**
- 2 **yutilgan modda sorbat yoki sorbtiv deyiladi.**

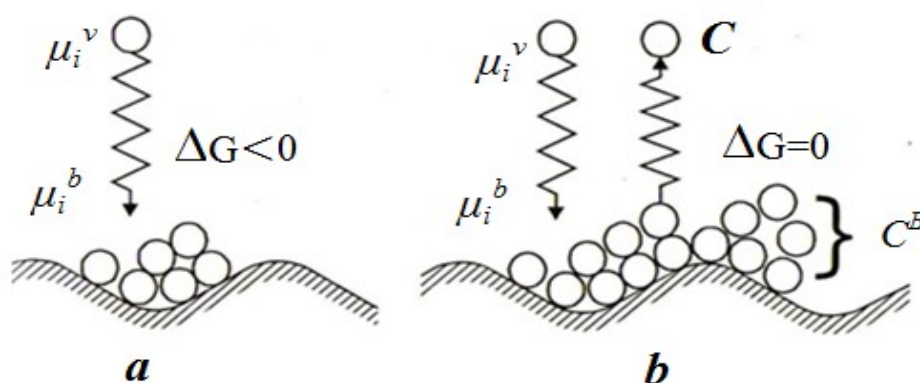
Yutilish jarayonining **4ta** asosiy turi bor:

- absorbsiya,**
- adsorbsiya,**
- xemosorbsiya va**
- kapillyar kondensatsiya**

Absorbsiya. Qattiq jism yoki suyuqlikning butun **hajmiga** gaz yoki bug'ning yutilishiga absorbsiya deyiladi. Bu jarayonda gaz molekulalari sorbent massasiga kirib boradi va qattiq yoki suyuq eritma hosil bo'ladi. Gaz molekulalarining tarqalishi *diffuziya* tufayli bo'ladi. Qattiq jismlarda diffuziya tezligi kichik

bo'lganligi sababli ularda absorbsiya sekin boradi va muvozanat uzoq vaqt yuzaga keladi. Haroratning ortishi absorbsiyani tezlashtiradi. Absorbsiyaga – suvga SO_2 va NH_3 ning yutilishini misol qilish mumkin.

Adsorbsiya. Qattiq jism yoki suyuqlik *sirtida* boshqa modda molekulalarining o'z-o'zidan yutilishi **adsorbsiya** deyiladi. Yutgan modda **adsorbent**, yutilgan modda **adsorbat** yoki **adsorbtiv** deyiladi. Adsorbsiya xodisasi **Q-Q; Q-S; Q-G (harakatsiz sath) va S-S; S-G (harakatchan sath)** chegara sathlarida kuzatiladi.



3.1-rasm. Adsorbsiya jarayonining sxemasi:

A - boshlang'ich holati ($\mu_i^v > \mu_i^b$, $\Delta\mu_i < 0$); b - muvozanat holati ($\mu_i^v = \mu_i^b$, $\Delta\mu_i = 0$); C^B - adsorbsion qavatning qalinligi

Adsorbsiya o'z-o'zidan boradigan jarayon bo'lganligi sababli jarayon davomida ΔG kamayadi va $\Delta G = 0$ bo'lganda *adsorbsion muvozanat* qaror topadi. Adsorbsiya geterogen jarayon bo'lganligi sababli adsorbtivning kimyoviy potentsiali gaz fazada (μ_i^v) va adsorbent sirtida (μ_i^b) tenglashguncha davom etadi:

$$\mu_i^v = \mu_i^b, \quad \Delta\mu_i = 0$$

Ammiak solingan idishga qizdirilib, so'ngra sovutilgan ko'mir solinsa ko'mir ammiakni yutadi. Bunda ko'mir – adsorbent, ammiak – adsorbtiv hisoblanadi.

Adsorbsiyaga oid dastlabki ilmiy tekshirish ishlari T.Ye. Lovits nomi bilan bog'liq. U 1792 yilda eritmalarni turli ko'shimchalardan tozalash uchun qattiq

adsorbent sifatida ko'mirdan foydalandi. Adsorbsiya hodisasi faqat ko'mirga emas, balki boshqa *barcha g'ovak moddalarga ham xos.* Adsorbsiya sathda boradigan jarayon bo'lib, adsorbativ (*gaz yoki erigan modda*) molekulalarining adsorbent sathidagi molekulalar bilan **Van-der-Vaals kuchlari, vodorod bog'lari, elektrostatik tortishish kuchlari ta'sirida ta'sirlashishi** tufayli sodir bo'ladi. Shu ta'sirlashuvlar natijasida qanday bog'lar xosil bo'lishiga qarab adsorbsiya ikkiga bo'linadi:

1. **Fizikaviy adsorbsiya** – adsorbent va adsorbat molekulalari Van-der-Vaals kuchlari orqali ta'sirlashadi. Muvozanat tez qaror topadi. Harorat ta'sirida adsorbsiya pasayadi.
2. adsorbent bilan adsorbat molekulalari orasida *kimyoviy bog' xosil bo'lsa* – **kimyoviy adsorbsiya** deyiladi. Muvozanat juda sekin qaror topadi, ba'zida **xemosorbsiya** xisobiga muvozanat qaror topmaydi.

Adsorbsiya darajasi – *adsorbent va adsorbativning tabiatiga, haroratga, gazning bosimi yoki eritmaning konsentratsiyasiga, shuningdek adsorbentning solishtirma sathiga va sirt taranglikka bog'liq.*

$$G=f(C, T, P, S, \sigma)$$

Adsorbsiya *tanlash xususiyatiga* ega. Qutbli adsorbatlar qutbli adsorbentlarda, qutbsiz adsorbentlarda qutbsiz adsorbatlar yaxshi adsorbsiyalanadi. **Masalan**, ko'mirni suvga aralashtirsak, u suvni yutmaydi. Agar suvda biror organik modda eritilsa, unda ko'mir erigan moddani yutadi. Silikagel esa suvni yaxshi adsorbsiyalaydi. Uning bu xossasidan quritish usullarida foydalaniladi. Demak, adsorbentlar – **gidrofil** (*sathida suv, spirt, aminlar yaxshi adsorbsiyalanadi*) va **gidrofob** (*m, benzol*) adsorbentlarga bo'linadi.

Adsorbsiyalangan molekula adsorbsion qavatda qancha vaqt davomida yashashi **adsorbsiya vaqti** deb ataladi. Adsorbsiya vaqti **S.Y. Frenkel** tenglamasiga binoan qo'yidagicha ifodalanadi:

$$t = t_0 \cdot e^{\frac{Q}{RT}} \quad (3.1)$$

bunda Q - molekula bilan sirt orasidagi o'zaro ta'sir energiyasi, t_0 - molekula bilan sirt orasida hech qanday tortishish kuchlari mavjud bo'lmagan sharoitdagi adsorbsiya vaqti.

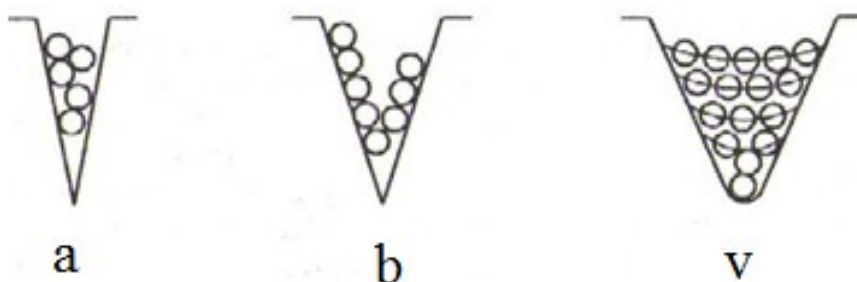
Adsorbsiya hodisasi *qaytar jarayon*. Chunki, bunda adsorbtiiv molekulalarining yutilishi bilan bir qatorda ularning adsorbent yuzasidan chiqib ketish jarayoni ham sodir bo'ladi. Adsorbtiiv molekulalarining adsorbent sathidan chiqib ketishi – **desorbsiya** deyiladi. Dastlab yutilish tez boradi va adsorbsiya tezligi katta bo'ladi, so'ngra adsorbsiya va desorbsiya tezliklari tenglashib *adsorbsion muvozanat* yuzaga keladi. *Adsorbsiya issiqlik chiqishi bilan boradi, desorbsiya issiqlik yutilishi bilan boradi*. Haroratning ortishi, Le-Shatele prinsipiga asosan adsorbsion muvozanatni issiqlik yutilishi bilan boradigan tarafga siljitadi, ya'ni adsorbsiya kamayib desorbsiya tezligi ortadi.

Xemosorbsiya. Yutilish jarayoni adsorbent va adsorbtiiv molekulalarining kimyoviy ta'sirlashuvi natijasida sodir bo'lsa, **xemosorbsiya** deyiladi. *Xemosorbsiyada muvozanat yuzaga kelmaydi, adsorbsiya qaytmas bo'ladi.* Xemosorbsiya natijasida adsorbent sathida **yangi modda hosil bo'ladi**. Hosil bo'lgan moddani alohida ajratib olib bo'lmaydi va uni yangi faza deya olmaymiz. *Masalan: temir havodan kislorodni yutadi va zanglaydi, lekin zangni ajratib olib bo'lmaydi.*

Ba'zi hollarda xemosorbsiya jarayonida faqat adsorbent sathidagi molekulalar emas, balki uning hajmidagi molekulalar ham qatnashadi. Bunda hosil bo'lgan kimyoviy birikma **yangi fazani hosil qiladi**. *Masalan: CaO ga CO_2 yutilishi natijasida CaCO_3 hosil bo'ladi.* Haroratning ortishi kimyoviy reaksiya tezligini oshirishi tufayli xemosorbsiya tezlashadi.

Kapillyar kondensatsiya. Gazlarning sorbsiya vaqtida qattiq jism g'ovaklarida o'z kritik haroratidan past haroratda **kondensatlanib suyuqlikka aylanishi kapillyar kondensatsiya** deyiladi. Suyuqlik adsorbent sathini yaxshi ho'llasa kapillyar ichida botiq menisk hosil bo'ladi, so'ng bug' ana shu menisk

ustida suyuqlikka aylanadi va adsorbentning barcha g'ovaklarini suyuqlikka to'ldiradi. Kapillyar kondensatsiyada adsorbsion kuchlar ishtirok etmaydi, balki suyuqlikning botiq meniskiga bug'ning tortilishi asosiy rol o'ynaydi. Jarayon juda kata tezlik bilan boradi va bir necha minutda tugaydi.



3.2-rasm. a,b - mikrog'ovaklarni hajmiy to'lishi; v - kapillyar kondensatsiya (suyuqlikni hosil bo'lishi) bosqichlari

3.1§. QATTIQ JISM SIRTIDAGI ADSORBSIYA

Qattiq jism ham, xuddi suyuqlik kabi, sirt energiya va demak, *sirt tarangligiga* ega bo'ladi. Lekin hozirgacha qattiq jismning sirt tarangligini aniq o'lchash usuli ma'lum emas. Dag'al va bilvosita usullar bilan topilgan natijalarning ko'rsatishicha, masalan, **BaSO₄** ning sirt tarangligi 1250 erg/sm² ga, **PbF₂** niki 900 erg/sm² ga, CaF₂ niki esa 2500 erg/sm² ga teng.

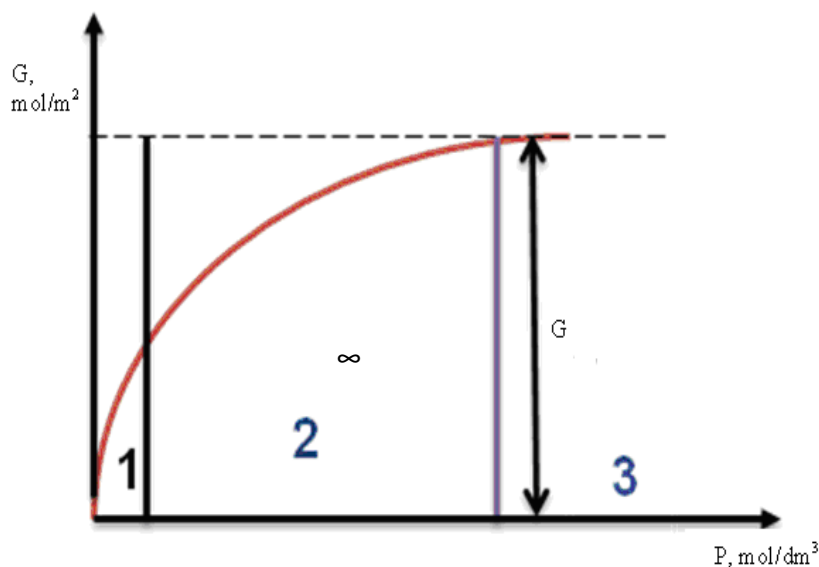
Qattiq jism sirtidagi adsorbsiya asosan 2 xil sathlar chegarasida kuzatiladi:

$$\mathbf{Q - G} \quad \text{va} \quad \mathbf{Q - S}$$

Qattiq jism sirtida eritmaning (**Q - S**) adsorbsiyalanishi qattiq jism – gaz (**Q - G**) adsorbsiyasiga qaraganda murakkabdir, chunki bunda erigan moddadan tashqari erituvchi ham adsorbsiyalanishi mumkin, ya'ni adsorbent sathidagi joy uchun *adsorbat* bilan bir qatorda *erituvchi molekulalari* ham raqobatlashadi.

Gazning qattiq jism sirtidagi adsorbsiyasi eng sodda variantdir. Chunki, bunda sistema faqat **Q - G** dan, ya'ni 2 komponentdan tashkil topgan. Shuning uchun umumiy adsorbsiya mexanizmini nazariy tushuntirish uchun **Q - G** adsorbsiyasini ko'rib chiqish qulaydir.

Qattiq jism yuzasida *har xil gaz* yoki *suyuqlik bug'i molekulalarining* adsorbsiyalanishi *adsorbat bosimiga bog'liq*. Adsorbat bosimining ortishi bilan adsorbsiya ma'lum chegaragacha ortadi, so'ngra o'zgarmay qoladi. Adsorbsiyaning bu qiymati to'yingan adsorbsiya (*yoki maksimal solishtirma adsorbsiya*) deyiladi (G_{∞}).



3.3-rasm. Adsorbsiya izotermasi

Yutilish jarayoning eng muhim xarakteristikasi o'zgarmas haroratda ($T=\text{const}$) yutilgan modda miqdori (G)ning gaz bosimi yoki erigan moddaning muvozanatdagi konsentratsiyasiga bog'liqlik grafigidir. Bu bog'liqlik – *adsorbsiya izotermasi* deyiladi.

Rasmda keltirilgan izoterma 3 qismdan iborat:

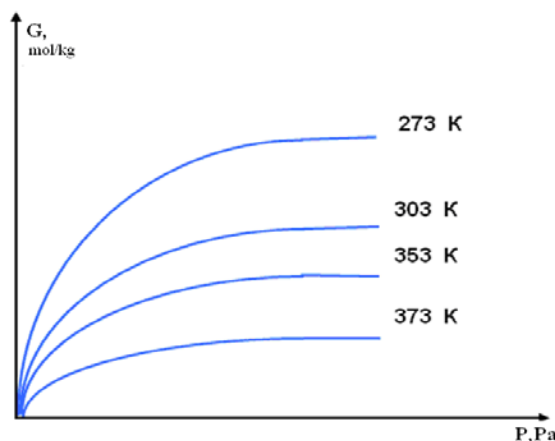
kichik konsentratsiyalarda adsorbsiya *bosim (konsentratsiya)ga* proporsional tarzda tez ortib boradi va to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi (**1-qism**);

konsentratsiya ortishi bilan adsorbsiya sekinlashadi, izotermaning bu qismi (**2-qism**) parabola ko'rinishida;

yuqori konsentratsiyada adsorbsiya to'yingan holatga o'tadi va adsorbsiya o'zgarmay qoladi (G_{∞}) (**3-qism**).

Bunda konsentratsiyaning ortishi adsorbsiyaga ta'sir ko'rsatmaydi.

Qattiq jismda gazlarning adsorbsiyasi **haroratning ortishi bilan pasayadi**. Molekulyar-kinetik nuqtai-nazardan, harorat ortishi bilan adsorbsiyaning pasayishi adsorbat molekulalarining issiqlik harakatini ortishi bilan tushuntiriladi (3.4-rasm). Qattiq jismda gazlarning adsorbsiyasi – **ekzotermik jarayondir**, ya'ni issiqlik chiqishi bilan kuzatiladi. Teskari jarayon – desorbsiya **endotermik jarayondir**, ya'ni issiqlik yutilishi bilan kechadi. Zero, **Le-Shatele** prinsipiga muvofiq **haroratning ortishi gazlarning adsorbsiyasini pasaytiradi**.



3.4 – rasm. Har xil haroratdagi CO₂ ning adsorbsiya grafiklari

Qattiq jism sathida gazlarning adsorbsiyalanish hodisasini XVIII asr oxirlarida shved kimyogari va farmatsevti **K.V. Sheyele** (1742-1786) va italyan professori **F.Fontana** (1730-1805) bir-birlaridan bexabar holda kashf etishgan.

F.Fontana yangi qizdirilgan pista ko'mirda har xil gazlarni yutish qobiliyati borligini aniqladi. **K.Sheyele** bir qator hollarda bu jarayon qaytar ekanligini, sharoit o'zgartirilsa yutilgan gaz ajralib chiqishini aniqladi.

Qattiq adsorbentlarga katta ichki va tashqi yuzaga ega bo'lgan tabiiy va sun'iy materiallar misol bo'ladi. Ular yuzasiga gazlar va eritmalarda erigan moddalar adsorbsiyalanadi. Ularga **aktivlangan ko'mir, silikagel, alyuminiy oksid** va boshqalar misol bo'ladi.

Qattiq jism sathidagi adsorbsiyani hisoblash uchun gaz bosimining pasayishi yoki adsorbent massasining ortishi o'lchanadi.

Adsorbentning yuza birligiga yutilgan modda miqdori **solishtirma adsorbsiya** deyiladi.

$$G = \frac{x}{S} \quad (3.2)$$

G – solishtirma adsorbsiya, x – adsorbktiv miqdori, S – adsorbent yuzasi

Lekin, g'ovak adsorbentlar sathini o'lchash mumkin bo'lmagani uchun, adsorbent yuzasi o'rniga uning massasidan (m) foydalanish qulay. Unda formula

quyidagicha yoziladi:

$$G = \frac{x}{m} \quad (3.3)$$

Adsorbsiya izotermasini izohlash uchun **20 dan ortiq tenglamalar** taklif etilgan. Ulardan eng ko'p qo'llaniladigani **Freyndlix** va **Lengmyur** tenglamalaridir. Gazlar, noelektrolitlar va kuchsiz elektrolitlar eritmaları uchun adsorbsiya izotermasi parabola ko'rinishida ekanligini yuqorida ko'rib o'tgan edik. Bu egrining *o'rtacha bosim va konsentratsiya uchun* to'g'ri keladigan qismini **G.Freyndlixning empirik formulasi** bilan ifodalasa bo'ladi.

$$\frac{x}{m} = K \cdot P^{\frac{1}{n}} \quad \text{yoki} \quad \frac{x}{m} = K \cdot C^{\frac{1}{n}} \quad (3.4)$$

P va C – muvozanat bosim va konsentratsiya; K va $1/n$ – o'zgarmas kattaliklar.

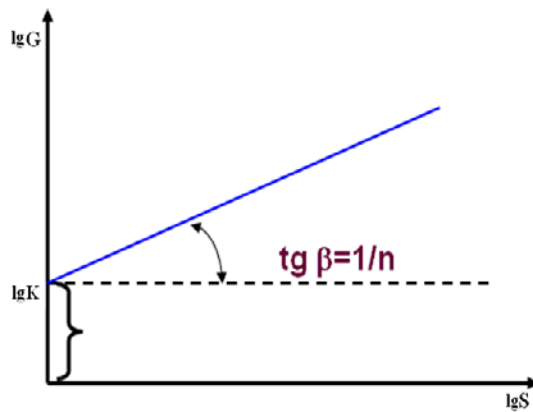
K ning qiymati adsorbent va adsorbktiv tabiatiga va haroratga bog'liq bo'lib, **harorat ortganda** uning qiymati kamayadi.

$1/n$ ning qiymati adsorbktiv va haroratga bog'liq, **harorat ortganda** uning qiymati ham ortadi.

Freyndlix tenglamasi konstantalarini topish uchun yuqoridagi tenglamadan logarifm olinadi:

$$\lg x/m = \lg K + 1/n \lg C \quad (3.5)$$

bu tenglama to'g'ri chiziqni ifodalaydi. $\lg G - \lg C$ koordinatalar sistemasida bu to'g'ri chiziq ordinata o'qidan kesib o'tgan kesma K ning logarifmini, abssissa o'qi bilan hosil qilgan burchagining tangensi $1/n$ beradi.



3.5-rasm. Freyndlix tenglamasi konstantalarini topish grafigi

Freyndlix tenglamasi **faqat oʻrtacha konsentratsiyalar uchun toʻgʻri natija beradi**. Kichik va katta konsentratsiyalar uchun uni qoʻllab boʻlmaydi.

Oʻz-oʻzini nazorat qilish savollari

1. Sorbsiya turlari.
2. Adsorbsiya deb nimaga aytiladi. U qanday fazalar chegara sirtida boradi?
3. Adsorbsiya jarayoniga adsorbent va adsorbktiv tabiatining taʼsiri.
4. Adsorbsiya izotermasi nima va u qanday tenglamalar bilan izohlanadi?
5. Freydlix tenglamasi.
6. Freydlix tenglamasi konstantalari qanday aniqlanadi?
7. Toʻyingan adsorbsion qavat deb nimaga aytiladi?
8. Adsorbsiya izotermasi.
9. G_{∞} - maksimal solishtirma adsorbsiya nima?

3.2§. ADSORBSIYA NAZARIYALARI

3.2.1§. LENGMYURNING MONOMOLEKULALI ADSORBSIYA NAZARIYASI

1915 yilda I.Lengmyur adsorbsiya izotermasi uchun yangi nazariya taklif qildi. U quyidagilarga asoslanadi:

1) adsorbsion kuchlar juda kichik masofada, yaʼni bir molekula oʻlchamiga teng masofada taʼsir etadi;

2) adsorbsiya kimyoviy bogʻlarga yaqin kuchlar orqali sodir boʻladi;

3) adsorbsiya aktiv markazlarda ro'y beradi ya'ni, gaz yoki erigan modda molekulalari adsorbent sathining hamma joyiga emas, balki qirralari, burchaklari (*aktiv markazlar*)ga yutiladi;

4) aktiv markazlarda maydon kuchi to'yinmagan bo'ladi;

5) har bir aktiv markaz faqat bitta molekulani ushlab qoladi;

6) adsorbsiyalangan molekulalar bir-biri bilan ta'sirlashmaydi.

7) adsorbsiyalangan molekulalar adsorbsiya markazida ma'lum vaqt "*yashash davri*"da tura oladi, so'ngra desorbsiyalanadi.

Molekulalarning *adsorбилanish tezligi* uch faktorga bog'liq:

a) molekulalarning 1 sekunda sirtga kelib urilish soniga,

b) sirtida tasodifan ushlanib qoladigan molekulalar soniga,

v) sirtning molekulalar bilan band bo'lmagan qismiga.

Desorbsiya tezligi esa molekulalarning band joylardan chiqish tezligiga bog'liq. Adsorбилanish tezligi desorбилanish tezligiga teng bo'lganda *adsorbsion muvozanat* qaror topadi.

Bunday adsorbsiya natijasida **monomolekulyar qavat hosil bo'ladi**, bu to'yingan adsorbsiyaga to'g'ri keladi.

Lengmyur tenglamasini keltirib chiqarish uchun adsorbent sathi bir butun deb olinadi. Uning adsorbtiv bilan **band qismini Θ bilan belgilasak, bo'sh qismi $(1-\Theta)$** bo'ladi. Bunda

$G < G_{\infty}$ va $\Theta = G/G_{\infty}$ G_{∞} – maksimal adsorbsiY.

Adsorbsiya konsentratsiya (**S**) va adsorbentning bo'sh sathiga bog'liq bo'ladi.

Adsorbsiya tezligi **$v_1 = k_1 \cdot G(1 - \Theta)$**

Desorbsiya tezligi **$v_2 = k_2 \cdot \Theta$**

Dastlab adsorbsiya tezligi desorbsiya tezligidan katta bo'ladi. Ma'lum vaqtdan keyin adsorbsion **muvozanat yuzaga kelib**, adsorbsiya va desorbsiya tezliklari tenglashadi **$v_1 = v_2$** bundan

$$k_1 \cdot C(1 - \Theta) = k_2 \cdot \Theta$$

$$k_1 \cdot C - k_1 \cdot C \cdot \Theta = k_2 \cdot \Theta$$

$$k_1 \cdot C \cdot \Theta + k_2 \cdot \Theta = k_1 \cdot C$$

$$\Theta = \frac{k_1 C}{k_1 C + k_2}$$

$$\frac{G}{G_\infty} = \frac{k_1 / k_2 C}{k_1 / k_2 C + k_2 / k_2} = \frac{kC}{1 + kC}$$

$$G = G_\infty \cdot \frac{kC}{1 + kC} \quad (3.6) \quad \text{Q-S chegaradagi adsorbsiya uchun Lengmyur tenglamasi}$$

$$G = G_\infty \cdot \frac{kP}{1 + kP} \quad (3.7) \quad \text{Q-G chegaradagi adsorbsiya uchun Lengmyur tenglamasi.}$$

Freydlix tenglamasidan farqli ravishda Lengmyur tenglamasi erigan moddaning muvozanatdagi konsentratsiyasining *istagan qiymatidagi izoterma xolatini ifodalashi mumkin*, ya'ni barcha konsentratsiyalar uchun *to'g'ri natija beradi*.

Agar, $C \ll 1$ bo'lsa, Lengmyur tenglamasi maxrajidagi «**KC**» qiymati ham 1 dan ancha kichik bo'ladi. Shuning uchun uni xisobga olmasa xam bo'ladi. Bunday hol uchun Lengmyur tenglamasi

$$G = G_\infty \cdot K \cdot C$$

shaklni oladi, u adsorbsiya izotermasining **I sohasiga mos keladi**, ya'ni **kichik konsentratsiyalarda adsorbsiya konsentratsiyaga to'g'ri proporsional bo'ladi**. Bu soha **Genri sohasi** deb ataladi.

Yuqori konsentratsiyalarda mahrajidagi **KC** ifoda 1 dan ancha katta bo'ladi, shu sababli **1ni** hisobga olmasa bo'ladi va tenglama **$G = G_\infty$** ko'rinishni oladi. U izotermaning **III sohasiga mos keladi**, adsorbsiya konsentratsiyaga bog'liq bo'lmay qoladi. Bu Lengmyur sohasi deyiladi.

Lengmyurning adsorbsiya nazariyasi gazlarning adsorbsiyalanishi natijasida *monomolekulyar qavat xosil bo'lishini ko'zda tutadi (ya'ni, gaz molekulalari adsorbent sirtida disotsiyalanib ketmasa to'g'ri natija beradi)* va **sirtini tekis** deb qaraydi.

Lengmyur *eritma bilan gaz orasida* bo'ladigan adsorbsiya uchun yaxshi natijalar olgan bo'lsada, *qattiq jism sirtida gazning adsorbsiyalanishini* to'la talqin qila olmadi. Binobarin, ba'zida adsorbatning adsorbentga bog'lanishi *monomolekulyar qavat* xosil bo'lgandan keyin ham *to'xtamaydi*.

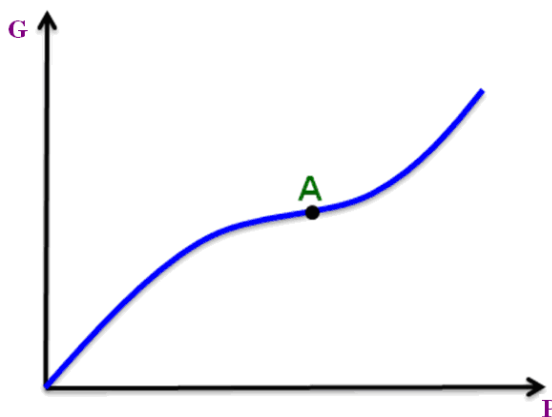
Bu hodisani 1916 yilda **M.Polyani** nazariyasi tushuntirib berdi. Unga asosan adsorbsiyalangan molekulalar qavat-qavat bo'lib joylashadi.

3.2.2§. POLIMOLEKULYAR ADSORBSIYA

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, Lengmyur nazariyasi bo'yicha adsorbsion kuchlar bitta molekula o'lchamida ta'sir ko'rsatadi va *monomolekulyar adsorbsion qavat hosil bo'ladi*. Lekin, ba'zi hollarda bu adsorbsion kuchlar undan uzoqroq masofada ham ta'sir ko'rsata oladi va *polimolekulyar adsorbsion qavatlar hosil bo'ladi*. Bu hodisani **1915 yilda M.Polyani** nazariyasi tushuntirib berdi. Unga asosan adsorbsiyalangan molekulalar qavat-qavat bo'lib joylashadi. Polyani nazariyasi quyidagilarga asoslanadi:

- 1)adsorbsiya fizikaviy kuchlar ta'sirida sodir bo'ladi;
- 2)adsorbent sathida *aktiv markazlar yo'q*, balki uzluksiz maydon kuchi mavjud;
- 3)adsorbsion kuchlar masofada ta'sir etadi (*adsorbsion hajmda*);
- 4)adsorbsion qavat zichligi sathdan uzoqlashgan sayin kamayib boradi;
- 5)harorat ta'sirida adsorbsion hajm o'zgarmaydi, ya'ni harorat ta'sir etmaydi.
- 6) gaz molekulalarining adsorbent sirtiga tortilishi adsorbsion faza-da boshqa molekulalarning bor-yo'qligiga bog'lik emas.

Polimolekulyar adsorbsiyaning izotermasi quyidagi rasmda keltirilgan. Egrini **A** nuqtasigacha bo'lgan chizik monomolekulyar adsorsiyani (*Lengmyur soxasi*) izohlaydi, **A** nuqtadan boshlab kuzatiladigan keskin ko'tarilishni polimolekulyar adsorbsiya nazariyasi bo'yicha tushuntiriladi.



3.6-rasm. Polimolekulyar adsorbsiyani gaz bosimi ortishi bilan o'zgarish egrisi

Lengmyurning monomolekulyar adsorbsiya va Polyanining polimolekulyar adsorbsiya nazariyalari bir qarashda bir-biriga ziddek ko'rinadi, aslida esa ular bir-birini to'ldiradi. Lengmyur nazariyasi **qaytar adsorbsiya**, Polyani nazariyasi esa **fizikaviy adsorbsiya** uchun tadbiq etilishi mumkin.

1935-40 yillarda **S.Brunauer, P.Emmet** va **E.Tellerlar** Lengmyur hamda Polyani tasavvurlarini umumlashtirib va kengaytirib, *bug'larning adsorbsiyalanishiga doir yangi polimolekulyar adsorbsiya nazariyasini (BET nazariyasini)* yaratdilar. Bu nazariyaning o'ziga xos tomonlari:

1) *adsorbent sirtida energetik jihatdan bir xil aktiv markazlar mavjud; gaz yoki bug' molekulalari faqat qattiq jism sirtidagi aktiv markazlarga adsorbsiyalanadi.*

2) *adsorbsiyalangan molekulalar bir-biri bilan ta'sirlashmaydi;*

3) *har bir qavat o'zidan keyingi qavat uchun aktiv markaz vazifasini bajaradi.*

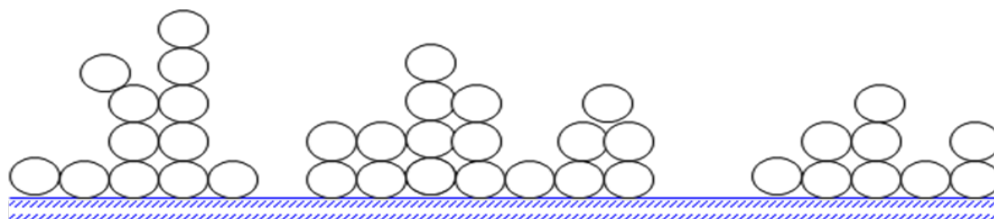
Demak, bu nazariyaga binoan adsorbsiyalangan faza **ayrim-ayrim molekulalar zanjiridan** iborat komplekslardan tashkil topadi:

a) $\text{bug}' + \text{erkin sirt} \rightleftharpoons \text{yakka - yakka kompleks} + Q_1$

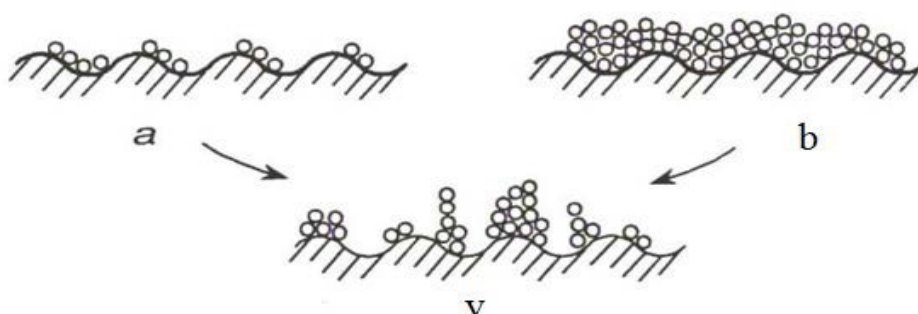
b) $\text{bug}' + \text{yakka kompleks} \rightleftharpoons \text{qo'sh kompleks} + Q_2$

v) $\text{bug}' + \text{qo'sh kompleks} \rightleftharpoons \text{uchlamchi kompleks} + Q_3$ va xokazo.

Aktiv markazlarda kondensirlangan polimolekulyar qavat hosil bo‘ladi. Birinchi qavat adsorbent sathi bilan bog‘langan. Bir molekulyar zanjir ikkinchisi bilan ta’sirlashmaydi.



3.7-rasm . BET nazariyasi bo‘yicha polimolekulyar adsorbsiya sxemasi

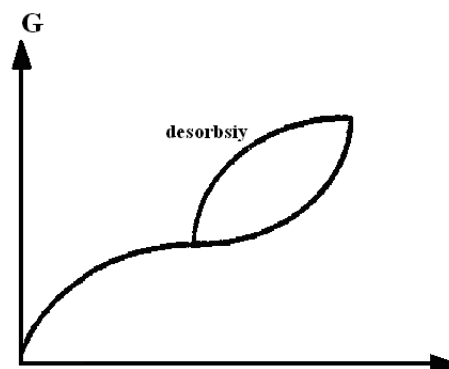


3.8-rasm. Adsorbsiyalar sxemasi: a - monomolekulali (Lengmyur); b- polimolekulali (Polyani); v - BET nazariyasiga ko‘ra.

BET nazariyasi bo‘yicha polimolekulyar adsorbsiya uchun izoterma diagrammasida adsorbsiyalanish va desorbsiyalanish izotermalari bir chiziqda yotmaydi va *adsorbsiyalanish gisterezisi* (yoki gisterezis xalqasi) degan soxani xosil qiladi. Gisterezis xodisasi ko‘pincha *kapillyar kondensatlanishda* ham kuzatiladi. Adsorbsiyalanishda kapillyar devorlarida adsorbsiyalangan xavo qatlami bo‘lgani uchun devorning xo‘llanishi qiyinlashadi. Kapillyarni suyuqlik bilan to‘lishi va suyuqlik meniskining hosil bo‘lishi kechikadi.

3.9-rasm. Adsorbsiyalanish gisterezisi

Desorbsiyalanishda esa xech qanday kechikish sodir bo‘lmaydi, chunki kapillyarlar suyuqlik bilan juda xo‘llangan bo‘ladi. (*Zigmondi nazariyasi*). Shu sababli suyuqlik bilan kapillyar



devorlari orasida xosil bo‘ladigan chet burchaklar adsorbsiya vaqtida desorbsiya

vaqtidagidan ko‘ra doimo katta bo‘ladi. Natijada kapillyarni to‘ldirgan suyuqlik menisklarning botiqligi adsorbsiya vaqtida desorbsiyadagidan doimo kam va adsorbsiya vaqtida bir xil miqdor yutilgan suyuqlikka to‘g‘ri keladigan bug‘ bosimi desorbsiya-dagidan katta bo‘ladi.

Gaz va bug‘ bilan sirt orasida polikomplekslarning xosil bo‘lish mexanizmiga asoslanib, adsorbsiya izotermasi uchun BET quyidagi tenglamani taklif etgan:

$$G = G_{\max} \frac{K(P/P_o)}{1 - (P/P_o)[1 + (K - 1)P/P_o]} \quad (3.8)$$

Bu tenglamada:

K – polimolekulyar adsorbsiyaning muvozanat konstantasi,

P_o – to‘yingan bug‘ bosimi,

P/P_o – bug‘ning nisbiy bosimi,

G – adsorbatning adsorbent sirtidagi konsentratsiyasi,

$G_{\max}$ – adsorbent sirtidagi barcha aktiv markazlar to‘yinganda adsorbatning adsorbent sirtidagi konsentratsiyasi,

P – bug‘ning ayni sharoitdagi bosimi.

Polimolekulyar adsorbsiyaning muvozanat konstantasi:

$$K = g \cdot \exp\left(\frac{Q_1 - Q_2}{RT}\right)$$

$Q_1 - Q_2$ - adsorbsiyaning sof issiqligi deyiladi.

G - ning qiymatini aniqlab, adsorbentning solishtirma sirtini xisoblab topish mumkin:

$$S_{sol} = G_{\max} \cdot N_A \cdot S_{mol}$$

bunda: N_A - Avogadro soni, S_{mol} - bitta molekula egallagan yuzasi.

BET nazariyasi Lengmyur va Polyani nazariyalariga qaraganda mukammalroq bo‘lsa ham **kamchiliklardan** holi emas. U sirtning energetik jihatdan bir jinsli emasligini (*ko‘p qavat hosil bo‘lishini faqat fizik kuchlar asosida tushuntiradi*),

adsorbqiyalanayotgan moddaning agregat holatini hisobga olmaydi.

Shunga qaramasdan u hozirgi vaqtda adsorbsiyani amaliy jihatdan hisoblashda va har xil adsorbentlarning solishtirma sirtini aniqlashda keng qo'llaniladi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Lengmyur nazariyasi.
2. Lengmyur tenglamasidagi konstantalarning fizik ma'nosi?
3. Adsorbsion markazning tabiati qanday?
4. Polimolekulyar adsorbsiya uchun Polyani nazariyasi.
5. Polimolekulyar adsorbsiya izotermasi.
6. BET nazariyasi.

3.3§. SUYUQLIK SIRTIDAGI ADSORBSIYA. GIBBS TENGLAMASI. IONLAR ADSORBSIYASI. IONITLAR

Har xil suyuqliklarning sirt tarangligi ularning *tabiatiga, haroratga, bosimga va erigan moddaning konsentratsiyasiga* bog'liq. Suyuqlikda erigan moddalar uning sirt tarangligini *oshirishi, kamaytirishi* hamda sirt tarangligiga *ta'sir qilmasligi mumkin*. Erigan moddani suyuqlikning sirt tarangligini o'zgartirish qobiliyatini miqdor jihatdan ifodalaydigan kattalik – **sirt faollik** bo'lib, asosan moddaning kimyoviy tuzilishiga bog'liq:

$$G = - \frac{d\sigma}{dC}$$

$\frac{d\sigma}{dC}$ – Rebinder bu nisbatni **sirt faollik koeffitsiyenti** deb atadi. O'lchov birligi **Dj·m/mol** yoki **Nm²/mol**, ba'zida **erg·sm/mol**.

Shunday moddalar borki, ular suvda yaxshi eriydi, *masalan* – spirt, tuzlar, glitserin va h.k., bunday moddalar *gidrofil moddalardir*.

Moddalar borki, ular suvdan qochadi, amalda suvda erimaydi, *masalan* – yog'lar, parafin. Bunday moddalar *gidrofob moddalardir*.

Modda erituvchining sirt tarangligini kamaytirishi uchun *difil* tuzilishga ega bo'lishi kerak, ya'ni ikki qismdan – **polyarmas** (gidrofob) ya'ni uglevodorod

Difil tuzilishga ega bo'lgan, satxlar chegarasiga adsorbsiyalanib, sirt taranglikni pasaytiruvchi moddalar sirt faol moddalar (SFM) deyiladi.

Umuman, barcha organik birikmalar suvga nisbatan sirt-faollik namoyon qiladi.

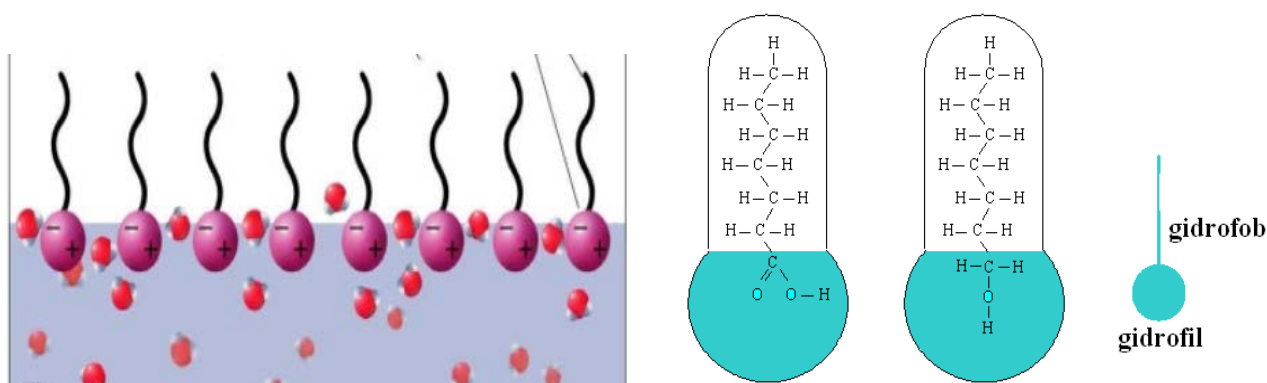
radikali va **polyar** (gidrofil) qismlardan tuzilgan bo'lishi kerak.

Polyar qismga – OH, - COOH, - NH₂, -SO₃ kabilar misol bo'ladi.

Radikal qismi, yani modda tarkibidagi CH₂ - gruppalari soni 7-22 gacha

bo'lishi lozim.

Sirt-faol modda (**SFM**) molekulasining sxema ko'rinishi quyidagi rasmda keltirilgan (3.10-rasm).



3.10-rasm. SFM molekulasining tuzilishi

SFM eritmasida konsentratsiya ortishi bilan sirt taranglik kamayib borsa-sirt aktivlik **manfiy** $d\sigma/dC < 0$, lekin adsorbsiya **musbat** $G > 0$ qiymatga ega bo'ladi. Boshqacha aytganda modda suyuqlik sirtida adsorbsiyalanadi.

-agar eritma konsentratsiyasi ortishi bilan sirt taranglik ortib borsa, sirt aktivlik **musbat** $d\sigma/dC > 0$ va adsorbsiya **manfiy** $G < 0$ bo'ladi.

3.1 - jadval

Ba'zi suyuqliklarning 293 K sirt tarangliklari

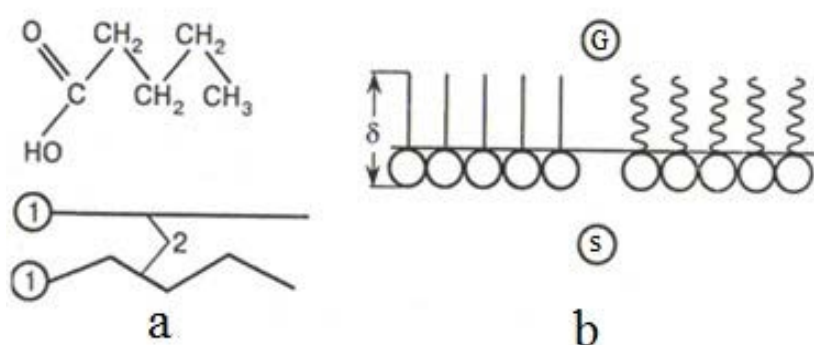
Suyuqlik	σ , J/m ²	Suyuqlik	Σ , J/m ²
Suv	72,8	Xloroform	27,1
Glitserin	64,7	Etanol	22,3
Sirka kislotasi	27,6	Metanol	22,6
Fenol	42,3	Benzol	29,4
Zaytun moyi	33,0	Qon	45,4

Yuqoridagi jadval tahlil qilinsa, **suyuqlik – gaz** chegarasidagi sirt taranglik suyuqlik molekullari orasidagi **o‘zaro ta’sir ortishi** bilan ortib borishini ko‘rish mumkin. Harorat ortishi bilan suyuqlikning sirt tarangligi kamayadi va kritik haroratda nolga teng bo‘lib qoladi. Bosim ortishi sirt taranglikning kamayishiga olib keladi, chunki gaz fazasidagi modda miqdori ortib, suyuqlik sathidagi molekullarni pastga tortib turuvchi kuch kamayadi.

Demak, suyuqlikda erigan moddalar uning sirt tarangligini oshirishi, kamaytirishi hamda sirt tarangligiga ta’sir qilmasligi mumkin.

Nazariy jihatdan olganda erigan moddaning sath qatlamida va hajmda taqsimlanishining uch xil xolatini kuzatish mumkin:

1. erigan modda konsentratsiyasi sath qatlamida hajmdagiga nisbatan katta bo‘lishi;
2. erigan modda konsentratsiyasi sathda hajmdagiga nisbatan kam bo‘lishi;
3. erigan modda konsentratsiyasi sath va hajmda bir xil bo‘ladi.



3.11-rasm. Sirt-faol moddalarning (valerian kislota) molekullarini yuqori konsentratsiyali eritmasining suyuqlik-gaz sirtida to‘planishi (b), G-gaz va S-suyuq fazalar: a–sirt faol modda molekulasini ramziy ifodasi; 1-molekulani qutbli va 2-qutbsiz qismlari; δ –molekulani uzunligi.

Erigan modda konsentratsiyasi sath qatlamida hajmdagiga nisbatan katta bo‘lishi – bunda erigan modda suyuqlik sirtida yig‘ila boshlaydi, natijada sathi Gibbs energiyasini kamaytiradi, ya’ni **sirt tarangligini** kamaytiradi. Bunday moddalar **sirt faol moddalar** (SFM) – deyiladi. **Masalan**, suvga organik

kislotalar, spirtlar, organik erituvchilar va shunga o'xshash moddalar qo'shilsa, bu moddalar suvning sathida yig'ilib uning sirt tarangligini kamaytiradi va suvga nisbatan **sirt – faollik** namoyon qiladi. Natijada suyuqlikka solingan moddaning sirtqi qavatdagi konsentratsiyasi suyuqlik ichidagi konsentratsiyasidan farq qiladi. Buning natijasida eritma ichidagi osmotik kuchlar ham o'zgaradi, chunki eritma sirtqi qavatda ham, ichki qavatlarda ham o'z konsentratsiyasini tenglashtirishga intiladi. Demak, bu yerda ham dinamik muvozanat qaror topadi: *bir tomondan, adsorbsiya jarayoni erkin energiyaning minimumga intilish prinsipiga muvofiq erigan moddani suyuqlik sirtiga yig'adi, ikkinchi tomondan, osmotik kuchlar tufayli desorbsiya jarayoni sodir bo'lib, eritma konsentratsiyasi barcha hajm ichida baravarlashishga intiladi. Natijada adsorbsion muvozanat vujudga keladi.*

Erigan modda konsentratsiyasi sathda hajmdagiga nisbatan kam bo'lishi - shunday moddalar ham borki, ular suv sirtiga tushib qolsa, uning sirt tarangligini oshirib yuboradi. Bunda erigan modda hajm fazasida jamlanadi va sathi **Gibbs energiyasi** ozgina ortadi. Bunday moddalar **sirt nafaol moddalar (SNM)** – deyiladi.

*Barcha noorganik birikmalar suvning sirt tarangligini oshiradi va suvga nisbatan **sirt – nafaol** hisoblanadi.*

Erigan modda konsentratsiyasi sath va hajmda bir xil bo'ladi - erituvchi sirt tarangligiga ta'sir qilmaydigan **sirt befarq (SBM)** moddalarning sath qatlamidagi va faza hajmi(ichi)dagi konsentratsiyalari *bir xil bo'ladi*. Bunda moddaning taqsimlanishi **sirt taranglikka ta'sir ko'rsatmaydi**. Suvga nisbatan befarq moddalarga **mono-, di-, polisaxaridlar** misol bo'ladi.

3.3.1§. SUYUQLIK SIRTIDAGI ADSORBSIYA. GIBBS TENGLAMASI

Suyuqlik sirtidagi adsorbsiyani hisoblash uchun 1876 yilda **V.Gibbs** ushbu

tenglamani taklif etdi:

$$G = - \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC} \quad (3.9)$$

G – erigan moddani suyuqlik sirt birligiga yig'ilgan miqdori; adsorbsiya miqdori; **mol/m²**, **C** – erigan moddaning muvozanat konsentratsiyasi, **mol/dm³**,

R – universal gaz doimiysi, $8,32 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$, T – absolyut harorat, K ,

$\frac{d\sigma}{dC}$ – konsentratsiya o'zgargandagi sirt taranglikning o'zgarishi, *sirt faollik koeffitsiyenti*.

Eritma konsentratsiyasi (C) ortganda suyuqlikning sirt tarangligi kamaysa, $\frac{d\sigma}{dC}$ nisbat manfiy, lekin adsorbsiya ($G > 0$) bu hol uchun musbat qiymatga ega bo'ladi. Boshqacha aytganda *modda suyuqlik sirtiga adsorbilanadi*.

Agar eritma konsentratsiyasining ortishi bilan suyuqlikning sirt tarangligi ortsa, $\frac{d\sigma}{dC}$ musbat qiymatga ega bo'ladi, unda adsorbsiya sodir bo'lmaydi ($G < 0$), ya'ni eritmada erigan moddaning konsentratsiyasi suyuqlikning sirt qavatida uning ichki qavatidagiga qaraganda kam bo'ladi.

Modda suyuqlikda eriganda konsentratsiyasi suyuqlikning sirtida va ichida bir xil bo'lishi sirt tarangligini o'zgartirmaydi. $\frac{d\sigma}{dC}$ nisbat nolga teng bo'ladi ($G = 0$).

Juda kichik konsentratsiyalarda C ni ΔC ga teng deb faraz qilib, $\frac{d\sigma}{dC}$ ni $\frac{\Delta\sigma}{\Delta C}$ ga almashtirsak, Gibbs tenglamasi $\Delta\sigma = -RTG$ shaklida yoziladi. Sirt-faol moddalar uchun minus ishorani tashlab yuborish mumkin; agar G o'rniga $1/C$ ni qo'ysak,

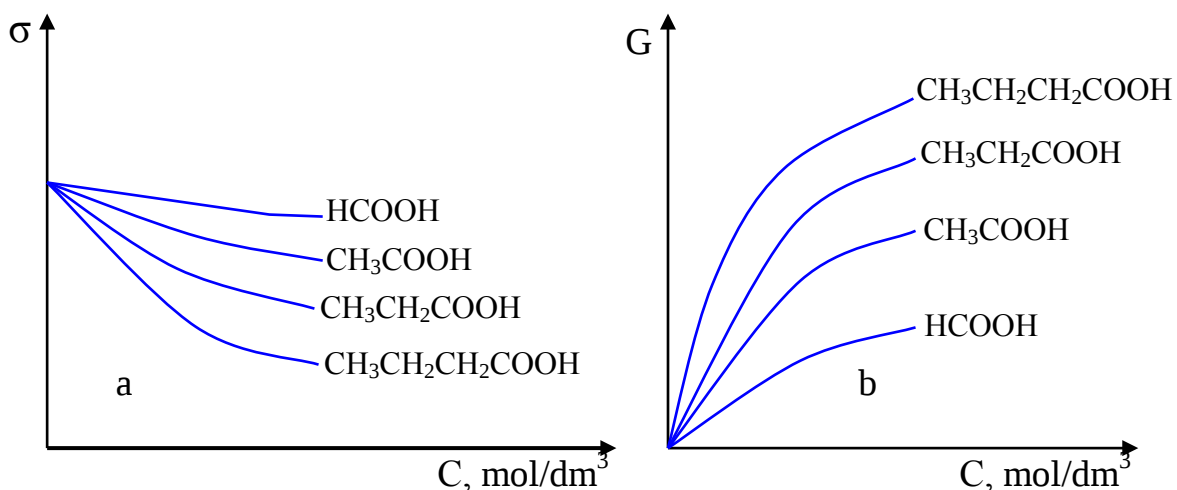
$$\Delta\sigma \cdot C = RT \quad (3.10)$$

tenglamani olamiz.

Bu tenglama xuddi ideal gazning holat tenglamasiga o'xshaydi. Lengmyur bu tenglamadan foydalanib, turli sirt-faol moddalarning eritmaları bilan o'tkazgan tajribalari asosida gaz konstantasi (R) ni aniq hisoblay oldi. Demak, eritma konsentratsiyasi nihoyatda kichik bo'lganida sirt-faol moddaning molekullari eritmaning sirt qavatida «gaz» holatida bo'ladi, deyish mumkin.

3.3.2§. DYUKLO-TRAUBE QOIDASI

Suyuqlikka SFM qo'shilganda suyuqlikning sirt tarangligi anchagina kamayadi. *Masalan*, suvga organik kislotalar (HCOOH , CH_3COOH kabilar) qo'shilsa, uning sirt tarangligi quyidagicha kamayadi:



3.12-rasm. Suvda turli kislotalar eritilganda suvning sirt tarangligini (a) va solishtirma adsorbsiya qiymatini (b) kislotalarning konsentratsiyasiga bog‘liqligi izotermalari

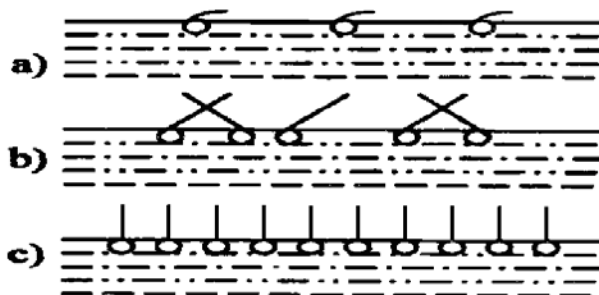
Yuqoridagi diagrammalar turli kislotalar eritmalarida konsentratsiya bilan sirt taranglik va adsorbsiya orasidagi bog‘lanishni ko‘rsatadi. Undan ko‘rinib turibdiki, kislota tarkibida **-CH₂** – guruhining ortishi bilan sirt taranglikni kamaytirish qobiliyati ortib boradi. Shu bilan bir qatorda adsorbsiyasi ham ortib boradi.

Dyuklo-Traube qoidasiga muvofiq, organik kislotalarning gomologik qatorida kislota tarkibida bitta -CH₂ guruh ortishi bilan kislotaning suv sirtidagi adsorbsiyasi taxminan 3 – 3,5 marta ortadi. Bu qoidani aldegidlar, aminlar, spirtlar uchun ham qo‘llash mumkin.

Bu qoida organik kislotalarning *faqat suyultirilgan eritmaları* uchungina qo‘llaniladi. Turli organik kislotalar suvga oz miqdorda qo‘shilsa, suvning sirt tarangligini turlicha kamaytiradi. To‘yingan eritmalarda molekulalar egallagan hajm eritma tarkibidagi **-CH** – radikali kattaligiga bog‘liq emas, soniga bog‘liq.

Suyuqlik-gaz chegarasidagi adsorbsiyada SFM eritmalarida sirt taranglik minimal qiymatga ega, adsorbsiya esa to‘yingan adsorbsiyaga teng bo‘lishi mumkin. Shunga asoslanib Lengmyur sath qavatdagi molekulalarning oriyentatsiyasi to‘g‘risidagi tahminlarini bildirdi. SFM molekulası ikki qismdan tuzilganligi aytib

o'tilgan edi. Adsorbsiya vaqtida gidrofil guruh suvga tortilib, gidrofob qismi gaz faza tomon itariladi. Past konsentratsiyalarda polyarmas guruh suyuqlik sathida joylashadi, polyar guruh esa polyar suyuqlikka botib kiradi(a,b). SFM konsentratsiyasi ortishi bilan sath chegaradagi molekulalar soni ortib to'yingan monomolekulyar qavat(c) hosil bo'lishiga olib keladi.



3.13-rasm. SFM konsentratsiyasining o'zgarishi bilan molekulalarning sathda joylashishi

Eritmalarning sirt taranglik bilan konsentratsiya orasidagi bog'liqligi polyak olimi B.A. Shishkovskiy tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$\sigma_0 - \sigma = B \ln(1 + A \cdot C)$$

σ_0 - toza erituvchining sirt tarangligi, σ - eritmaning sirt tarangligi

A va B – emperik konstantalar (A nisbiy adsorbsiyalanish qiymati; gomologik qatorda keyingisiga o'tganda 3-3,5 marta ortadi).

Yuqoridagi tasavvurlarga asoslanib to'yingan adsorbsion qavatdagi SFM molekulasining o'lchamini aniqlash mumkin. To'yingan adsorbsiya G_∞ bir yuza birligiga ($1m^2$) to'g'ri keladigan SFM miqdoriga teng. To'yingan adsorbsiyaning Avagadro soniga ko'paytmasi $G_\infty \cdot N_A$ bir yuza birligidagi molekulalar sonini beradi.

Bundan bitta molekula egallagan sathni topsak,

$$S = \frac{1}{G_\infty \cdot N_A}$$

G_∞ ni SFM molyar massasiga ko'paytmasi bir yuza birligiga to'g'ri keladigan SFM massasini beradi

$$m = G_\infty \cdot M$$

Bundan *adsorbsion qavat qalinligini* hisoblab topish mumkin. To'yingan adsorbsion qavatdagi *SFM molekulasi*ning uzunligini quyidagi formula bo'yicha

hisoblab topish mumkin:

$$h = \frac{m}{\rho} = \frac{G_{\infty} \cdot M}{\rho}$$

ρ – SFM zichligi, kg/m³.

Adsorbsion qavat qalinligi CH_2^- guruhning ko'payishi(ortishi) bilan ortib boradi. Kislota tarkibidagi radikal sonining ortishi adsorbsion qavatning qalinligini **0,13-0,15 nm** ga ortiradi.

3.3.3§. IONLAR ADSORBSIYASI

Qattiq moddalar sathida eritmalaridan bo'ladigan adsorbsiyani **1785 yilda** rus kimyogari va farmatsevti **T.E. Lovis** o'rgandi. Adsorbsiyaning bu turi gazlarning adsorbsiyasiga nisbatan ancha murakkab bo'lib, Van - der - vaals kuchlari asosida sekin boradi. Buning sababi:

1) adsorbent sathidagi joy uchun adsorbat va bir qatorda erituvchi molekulalari ham raqobatlashadi;

1) adsorbat va erituvchining o'zaro ta'sirlashishi;

2) adsorbent sathi va adsorbat ionlarining elektrostatik ta'sirlashishi.

Noelektrolit va kuchsiz elektrolitlar eritmalaridan erigan modda adsorbent sathiga *molekula ko'rinishida adsorbsiyalanadi*. Bu *molekulyar adsorbsiya* deyiladi. Adsorbsiya natijasida eritmadagi erigan modda konsentratsiyasi kamayadi. Adsorbsiyani adsorbat eritmasining dastlabki va muvozanat konsentratsiyalari farqi

bilan aniqlanadi:

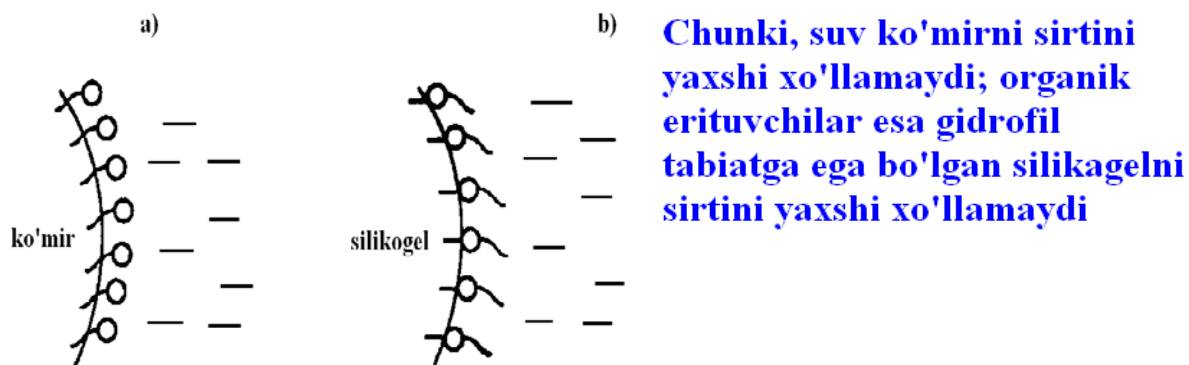
$$G = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m}$$

C_0 - adsorbsiyadan oldingi konsentratsiya, **mol/l**; C - muvozanat konsentratsiyasi, **mol/l**; V - eritma hajmi, **l**; m - adsorbent massasi, **kg**.

Erigan modda *molekulalarining* adsorbsiyalanishi akademik **Rebinder** ta'limotiga ko'ra, *adsorbentning va muhitning qutbligiga bog'liq*. Agar erigan moddaning polyarligi (**S**) adsorbent (**A**) va erituvchi (**B**) larning polyarliklari

orasida bo'lsa, bunda erigan modda molekulari shu adsorbentda yaxshi adsorbsiyalanadi. Ya'ni, $A_{BE} < CE < BE$ yoki $A_{BE} > CE > BE$ (BE - moddaning polyarligi bilan bog'liq bo'lgan dielektrik doimiylik).

Erigan modda molekulari yaxshi adsorbsiyalanishi uchun, erituvchi shu qattiq sirtni yomon ho'llashi kerak. Masalan, aktivlangan ko'mir yuzasida suvda erigan moddalar yaxshi adsorbsiyalanadi (3.14-rasm, a-holat), silikagelda esa organik erituvchida erigan moddalar yaxshi adsorbsiyalanadi (rasmda, b-holat)



3.14-rasm. Gidrofob va gidrofil adsorbentlarda sirt aktiv moddalarning adsorbsiyalanishi

Bunda adsorbsiyalangan sirt-faol (erigan) modda adsorbentning tabiatiga qarab oriyentatsiyalanadi va monomolekulyar qavat hosil qiladi. Masalan, silikagelda sirt-faol moddalarning molekulari **qutbli qismi bilan qutbli adsorbentga, qutbsiz qismi bilan qutbsiz muhit tomonga oriyentatsiyalanadi** va sirtning tabiatini o'zgartira oladi. Natijada gidrofob adsorbent gidrofil adsorbentga, gidrofil adsorbent esa gidrofob adsorbentga aylanishi mumkin.

Kuchli elektrolitlar eritmasida elektrolitlar to'la ionlashgan bo'ladi. Bunday eritmalar **ionlar adsorbsiyalanadi**. Ionlar adsorbsiyasi ko'proq kimyoviy kuchlar ta'sirida sodir bo'ladi va murakkabroq bo'ladi.

Ionlarni adsorbsiyalash uchun adsorbent yuzasidagi **adsorbsion markazlar musbat** yoki **manfiy** zaryadga ega bo'lishi kerak. Tabiiyki, ba'zi adsorbent yuzasida (-) zaryad kuchliroq, boshqa bir adsorbentda (+) zaryad kuchli ifodalangan bo'ladi, shunga ko'ra adsorbent elektrolit eritmasidan kationlarni yoki anionlarni adsorbsiyalaydi. Eritmada qolgan qarama – qarshi ishorali ionlar adsorbent

yuzasiga adsorbsiyalangan ionlar yaqiniga tortilib adsorbent – eritma chegara sirtida **qo'sh elektr qavat** hosil qiladi. Ushbu elektr qavat adsorbsiyalangan ionni adsorbent yuzasidan eritmaga qayta *desorbsiyalanib* chiqishiga yo'l qo'ymaydi.

Ionlar adsorbsiyasi ikki xil mexanizmida boradi:

1) ion almashinish yoki ekvivalent adsorbsiya;

2) tanlanib adsorbsiyalanish.

Har ikkala holda ham adsorbent sathi bilan eritmaning adsorbent sathiga tegib turgan qatlami chegarasida **(Q-S)** ionlarning adsorbsiyalanishi tufayli **qo'sh elektr qavat** hosil bo'ladi.

Ion almashinish adsorbsiyasi. Bu adsorbsiyada amalda erimaydigan adsorbent yuzasidan *ionlar eritmaga dissotsiatsiyalanadi*, shu vaqtning o'zida eritmadan ekvivalent miqdorda *boshqa ionlarni shimadi*. Bunday **adsorbentlar ionitlar** deyiladi. Ionitlar – **kislota, asos** yoki **amfoter** xarakterga ega bo'lishi mumkin.

Kislota xarakterga ega bo'lgan ionitlar eritma bilan **kation** almashadi va **kationitlar** deb ataladi (*alyumosilikatlar, silikagel, sellyuloza*).



(suvni yumshatishda kationitning vodorod ionlari kalsiy yoki magniy ionlariga almashinadi)

Asos xarakterga ega bo'lgan ionitlar eritma bilan anion almashadi va **anionitlar** deb ataladi (*temir(III)- gidroksid, alyuminiy gidroksid; EDS-10, PEK, amberlayt T-400*).



(suvni kislotalardan tozalashda anionitlardan foydalaniladi).

Amfoter ionitlar sharoitga qarab kation yoki anion almashadi.

Ion almashinish qaytar jarayon. Ionitlar regeneratsiya qilinib qayta qo'llanishi mumkin. Bir gramm **ionit 3-10 milli-ekvivalent** ionni almashtira oladi, bu uning **ion almashinish sig'imini** ko'rsatadi. Ionitlar kattaligi 0,3–1,5 mm donalar holida ishlatiladi.

Amalda ionitlarda yoki tuproqlarda ionlarning adsorbsiyasi faqat sirtida emas,

balki butun hajm bo‘ylab ketadi. Shuning uchun butun **yutuvchi kompleks** sig‘imini xisoblash kerak.

Qattiq sirtida ionlarning almashinish jarayoni 1939 yilda taklif etilgan **B.P. Nikolskiy** tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{Q_1 \frac{1}{z_1}}{Q_2 \frac{1}{z_2}} = K \frac{a_1 \frac{1}{z_1}}{a_2 \frac{1}{z_2}} \quad (3.11)$$

G_1 va G_2 – adsorbent sirtiga almashinayotgan ionlar miqdori; a_1 va a_2 – ionlar faolligi; K – ionlarning ayni sorbentga adsorbiylanish qobiliyatiga bog‘liq bo‘lgan almashinish konstantasi; z_1 va z_2 – almashinayotgan ionlarning zaryadlari (valentligi).

Ionlarning adsorbsiyalanishi

- **ion radiusiga**
- **gidratlanish darajasiga va**
- **valentlikka bog‘liq bo‘ladi.**

Ionlarning o‘lchamiga va gidratlanish darajasiga bog‘liq ravishda adsorbsiyalanishi Gofmeystrning liotrop qatori bilan ifodalanadi. Ushbu qatorga ko‘ra kationlar quyidagi tartibda joylashadi:



Ma’lumki, ionning radiusi ortishi bilan uning gidratlanish darajasi kamayadi.

Ion qancha kam gidratlangan bo‘lsa, u shuncha oson adsorbsiyalanadi.

Anionlar esa quyidagicha joylashadi:



Ion valentligi ortishi bilan adsorbsiyalanish qobiliyati ortadi:



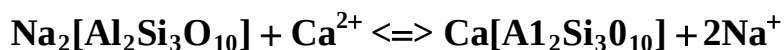
Chunki, ion valentligi qancha yuqori bo‘lsa, sirtga tortilishi shuncha kuchli bo‘ladi.

Ion almashtiruvchi adsorbentlarga: *permutit, seolit, alyumosilikatlar* va

bentonitlar (mineral tabiatli) shuningdek, sun'iy sintetik (*organik tabiatli*) ionitlar kiradi.

Ion almashinish adsorbsiyasining ahamiyati:

Texnikada ion almashinish adsorbsiyasidan suvni Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} kabi ionlardan, ya'ni mineral tuzlardan tozalashda (*qattiq suvlarni yumshatishda*) foydalaniladi.



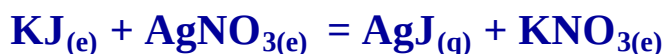
permutit

Bundan tashqari ion almashinish adsorbsiyasidan *tuproqning disperslik darajasini oshirishda*, eritmadan rangli metallar, dorivor moddalar (*alkaloid, glyukozid va boshqalar*) ionlarini ajratib olishda, sanoatda oqava suvlarni tozalashda keng qo'llaniladi.

Farmatsiyada ion almashinish adsorbsiyasidan aralashma tarkibidan izlanayotgan moddani ajratib olishda foydalaniladi. Tibbiyotda ionitlarning yuqori dispers shaklini organizmga kiritib, oshqozon-ichakdagi zaharli moddalarni bog'lash masalalari o'rganilgan va h.z.

Tanlanib adsorbsiyalanish. Adsorbsiyaning bu turi amerikalik fizik kimyogar **K.Fayans** tomonidan ta'riflangan qonun bo'yicha sodir bo'ladi: **“Adsorbent o'ziga o'xshash yoki o'z kristall panjarasi tarkibiga kiruvchi ionlarni yaxshi adsorbsiyalaydi”**.

Ya'ni adsorbent sathida uning kristall panjarasi qurilishini davom ettiradigan ionlar adsorbsiyalanadi. Masalan:



KJ va AgNO_3 miqdori ekvivalent bo'lsa, *cho'kma sathi zaryadlanmaydi*. KJ ortiqcha olinsa, cho'kma sathi manfiy, AgNO_3 ortiqcha olinsa, musbat zaryadlanadi.

3.3.4§. XROMATOGRAFIYA

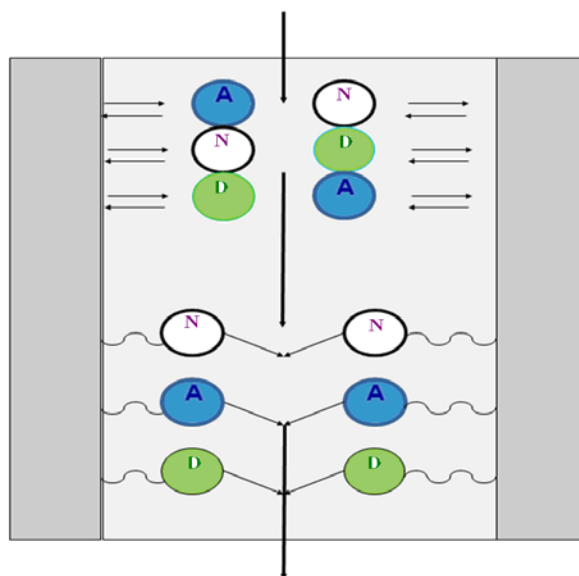
Sorbsiya jarayonlari samarali ajratish usullaridan biri bo'lgan *xromatografiya usulining asosini* tashkil etadi. Bu usul ko'p marta qaytariluvchi adsorbsiya va desorbsiya jarayonlariga asoslangan.

Xromatografiya universal usul bo'lib, uning yordamida xar qanday aralashmaning komponentlarini bir-biridan ajratib olish mumkin. *Xromatografik adsorbsion analiz – moddalarni adsorbentga tanlanib, ketma-ket yutilishiga asoslangan.*

Bu hodisani dastlab rus botanigi **M.S. Svet** kuzatgan. 1903 yilda Svet xlorofilni adsorbent ustunidan o'tkazganda turli rangdagi zonalar hosil bo'lgan. Xromatografiyada albatta 2 ta fazalar bo'lishi shart: **harakatsiz (statsionar) va harakatdagi faza.**

Olaylik turli moddalar (**A, D, N**) rasmda ko'rsatilgandek, statsionar faza bo'yicha **turli tezlikda o'tadi** va ularning bo'linishi kuzatiladi.

3.15-rasm. Turli moddalarning statsionar faza bo'yicha turli tezlikda o'tisi va ularning bo'linishi



Hozirgi vaqtda rangsiz moddalar ham shu usul yordamida ajratib olinadi. Bunda adsorbent sifatida ko'pincha – bentonitlar, silikagel, kraxmal, qand kukuni va boshqalar ishlatiladi.

Usul mohiyati shundaki, bunda ajratilishi kerak bo'lgan eritma adsorbentlar to'ldirilgan kolonkaga solinganida uning tarkibiy qismlari o'zining **moyilligiga qarab** turli adsorbentlarga yutila boradi. Birinchi eng yaxshi adsorbsiyalanadigan adsorbat, eng oxiri yomon adsorbsiyalanadigan adsorbatlar yutiladi.

Agar kam miqdordagi aralashma ajratilsa – analitik xromatografiya; ko'p miqdorda aralashma komponentlarga ajratilsa – u preparativ xromatografiya deyiladi.

Shu tariqa adsorbentlarga shimilgan adsorbatlar bir-biridan keskin ajralgan bo'lmay, bir-biriga juda yaqin joylashadi. Bunda zonalar naychadan chiqarib olinadi va chegara chiziqlaridan kesib, ma'lum erituvchi yordamida ajratib olinadi.

Hozirgi vaqtda xromatografiyaning 3ta asosiy turi bor:

1. **Frontal xromatografiya** – aralashma suyuqlik yoki gaz oqimi bilan yuboriladi;

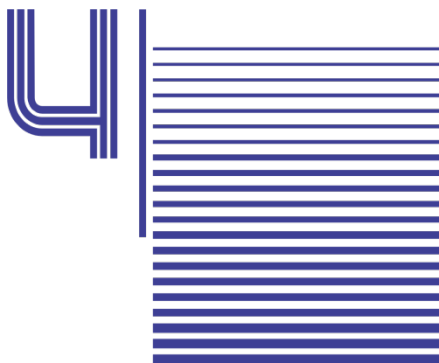
2. **Elyuent xromatografiya** – bunda birinchi aralashma, so'ngra elyuent adsorbent ustuni orqali o'tkaziladi.

3. **Siqib chiqarish xromatografiyasi** – elyuent aralashmadagi moddalardan ko'ra yaxshiroq adsorbsiyalanadigan modda bilan yuboriladi.

Undan tashqari – *taqsimlanish, qog'oz yordamida olib boriladigan (BX), ion almashinish, gel xromatografiya va gaz xromatografiyalari* ham keng qo'llaniladi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Sirt taranglik va adsorbsiya izotermalarini tahlil qiling.
2. Gibbs tenglamasi.
3. Molekulyar adsorbsiya.
4. Elektrolitlar adsorbsiyasi.
5. Tanlanib adsorbsiyalanish nima?
6. Peskov-Fayans qoidasini tushuntiring.
7. Ion almashinish adsorbsiyasi.
8. Ionitlar qanday moddalar, ularning ahamiyati?
9. Adsorbsiyalanish darajasi bilan ionlarning gidratlanish darajasi orasida qanday bog'liqlik bor?
10. Xromatografiya qanday jarayonga asoslangan?

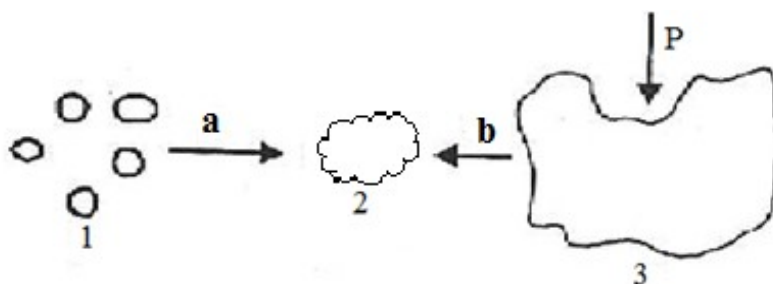


4 §. KOLLOID SISTEMALARNI OLINISHI VA TOZALASH USULLARI

4.1 §. KOLLOID SISTEMALARNI OLINISHI

Dispers sistemalarni zarrachalarining o'lchamiga qarab sinflarga ajratilganda ma'lum bo'ldiki, kolloid sistemalar dag'al dispers sistemalar bilan chin eritmalar orasidagi oraliq holatni egallaydi. Ularda eng yuqori disperslanish darajasiga erishiladi. Bu sistemalarda “faza”, “geterogenlik” terminlari saqlanadi.

Kolloid sistemalarni (*eritmalar*) olish bir-biriga qarama-qarshi ikkita usulga asoslangan. Birinchi usul *dispergatsiya*, ikkinchisi esa *kondensatsiya* usullari deb nomlanadi.



4.1-rasm. Dispers sistemalarni olinish sxemasi: a-kondensatsiya (kichik zarrachalarni yiriklashishi); b-disperslash; (yirik zarrachalarni maydalash).

Dispergatsiya usulida kolloid sistema olish uchun qattiq jism stabilizator ishtirokida kukun qilib maydalanadi, hosil qilingan kolloid o'lchamidagi dispers faza dispersion muhitda bir tekis tarqalishi natijasida kolloid sistemalar olinadi. Dispergatsiya usulida kolloid eritma olishning bir necha usullari mavjud:

1. Kolloid tegirmonlar yoki vibro-tegirmonlar yordamida maydalash;
2. Metallarni elektr toki yordamida changlatish;
3. Ultratovush yordamida maydalash;
4. Peptizatsiya.

Ma'lumki, qattiq jism yoki suyuqlikni kolloid o'lchamigacha (1-100 nm) maydalash jarayoni ish yoki energiya sarflashni talab etadi. Bu ish $A=K \cdot S$ formula bilan ifodalanadi. Formulada **K** – dispergatsiya usuliga va maydalanayotgan modda tabiatiga bog'liq bo'lgan kattalik, **S** – yangi hosil bo'layotgan yuza.

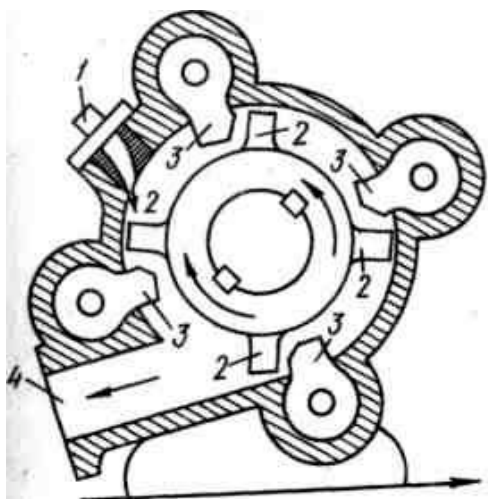
Odatda moddalar yuqori disperslik darajasigacha maydalanganda ko'pg'aroyib xossalarga ega bo'lib qoladi. Masalan, bo'yoqlar chiroyli jilvaga, yarqiroqlik, barqarorlik, yengil qoplanuvchanlik xossalariga erishadi. Katalizatorlar kimyoviy reaksiyalarda yuqori faollikka erishadi, oziq-ovqat mahsulotlarini ta'm-mazasi yaxshilanadi, kraxmal va oqsil moddalarning suvda eruvchanligi ortadi va h.k.

Aytib o'tganimizdek, kolloid sistemalarda zarrachalar o'lchami **1nm** dan **100nm** gacha bo'lishi kerak edi. Bunday o'lchamli zarrachalarni olish uchun katta o'lchamli zarrachalarni maxsus *tegirmonda* yoki *vibrotegirmonlarda* maydalanadi. Kolloid tegirmon yordamida bo'yoq, oltingugurt, grafit, kvars va boshqa moddalarning kolloid eritmalari tayyorlanadi.

Kolloid tegirmonning ishlashi quyidagi ikki prinsipga asoslangan:

- 1) Moddani juda ham maydalash uchun tez-tez beriladigan yengil zarblar yaxshi ta'sir etadi;*
- 2) kolloid tegirmonda beriladigan zarba maydalanadigan moddaning bevosita o'ziga emas, balki suyuqlik orqali beriladi.*

Kolloid eritmasi tayyorlanadigan modda avval maydalanadi, suyuqlik (*dispersion muhit*) va stabilizator bilan aralashtiriladi, so'ngra u teshik (1) orqali tegirmonga solinadi (4.2 - rasm). Suyuqlik va uning ichidagi qattiq jism o'qqa o'rnatilgan kurakcha (2) yordami bilan tez qorishtiriladi (*kurakcha minutiga 10000-15000 marta aylanadi*). Natijada suyuqlik va qattiq modda zarrachalari juda tez harakatlanadi va harakatsiz tishlar (3) ga kelib urilib, maydalanadi. Tayyor maydalangan mahsulot tegirmonning pastki qismidagi teshik (4) orqali chiqarib olinadi.



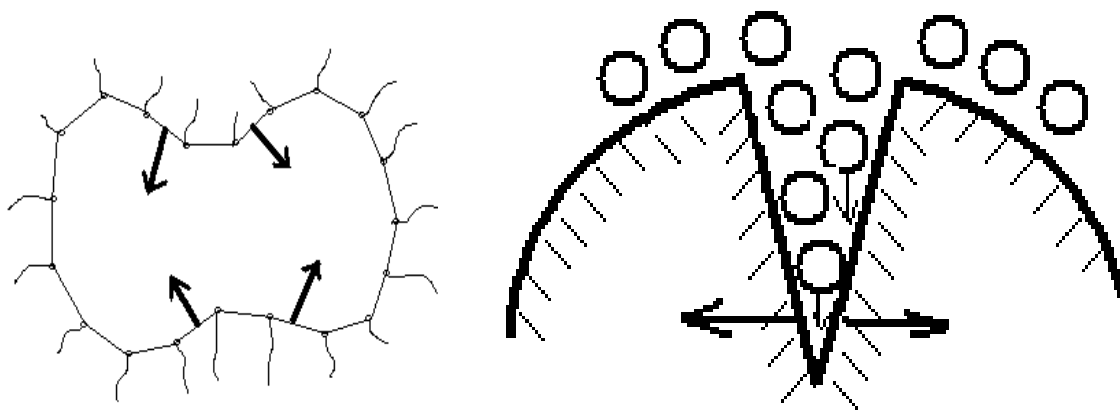
4.2-rasm. Kolloid tegirmon

Dispergatsiya jarayonini osonlashtirish uchun *jism ho'llanib* qo'shimcha moddalar ishtirokida kukun qilib maydalanadi. Qo'shimcha modda sifatida ishlatiladigan har xil tuzlar (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 , AlCl_3 , Na_2CO_3 , Na_2SiO_3) ishqorlar -NaOH , Ca(OH)_2 , sovun va ba'zi sirt-faol moddalar dispergatsiya jarayonini osonlashtirish bilan birga, olinayotgan kolloid sistemaning barqarorligini ta'minlashda **stabilizator** vazifasini o'taydi.

Akademik **P.A. Rebinder** ta'limotiga ko'ra qattiq jismning kristallik panjarasida defektlar (*zaif va darz ketgan joylar*) mavjud bo'lib, mexanik kuch ta'sirida *mikrotirqishlar* hosil qiladi. Qo'shimcha moddalar esa dastlab jism yuzasida yutilib, so'ngra uning mikrotirqishlariga kiradi. Natijada, qarama-qarshi turgan adsorbsion qatlamlar orasida elektrostatik itarilish kuchi ta'sirida **yoruvchi effekt** hosil bo'lib, ular sirt energiyasni kamaytirib, qattiq jismning yemirilishini osonlashtiradi,

$$F = \sigma \cdot \Delta S \quad (4.1)$$

bu yerda: F - sirtning erkin energiyasi, σ - sirt taranglik ko'effitsiyenti, ΔS - fazalararo sirt kattaligining o'zgarishi.

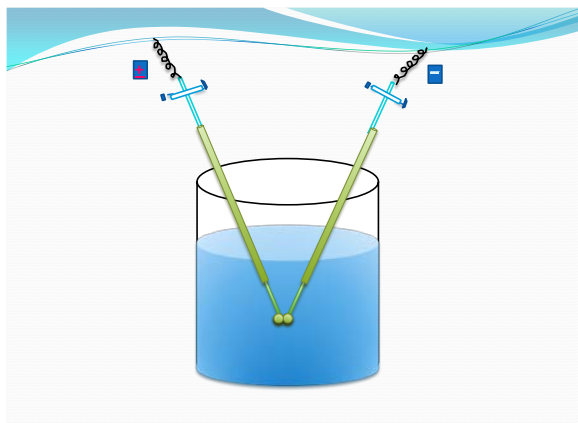


4.3-rasm. Jism mustahkamligining adsorbsion ravishda kamayishi (Rebinder effekti).

Mexanik dispergatsiya jarayonida qattiq jism mustahkamligini qo‘shimcha moddalar yordamida kamayishi “**Rebinder effekti**”, yoki mustahkamlikning adsorbsion kamayishi deyiladi.

Dispergatsiya jarayonini tezlatish va dispers sistemalarni barqarorligini yanada oshirish uchun SFM va elektrolitlar qo‘shiladi. Adsorbsiya harakatlanish mexanizmidagi zarrachalar orasida boradi.

Dispers sistemalarni olishning *elektrik usuli*ni 1898 yilda **Georg Bredig** taklif etgan. Kolloid eritmasi olinishi kerak bo‘lgan metallardan yasalgan sim dispersion muhitga tushirilib, ularning biri elektr manbaining musbat qutbiga, ikkinchisi esa manfiy qutbiga ulanadi; simlar bir-biriga tegizib elektr yoyi hosil qilinadi, sungra ular bir-biridan biroz uzoqlashtiriladi. Shu vaqtda metall erituvchi ichida changlana boshlaydi, Barqaror zol hosil bo‘lish uchun *ozgina ishqor* qo‘shiladi. *Bu usulda asosan asl metallarning zollari olinadi.*



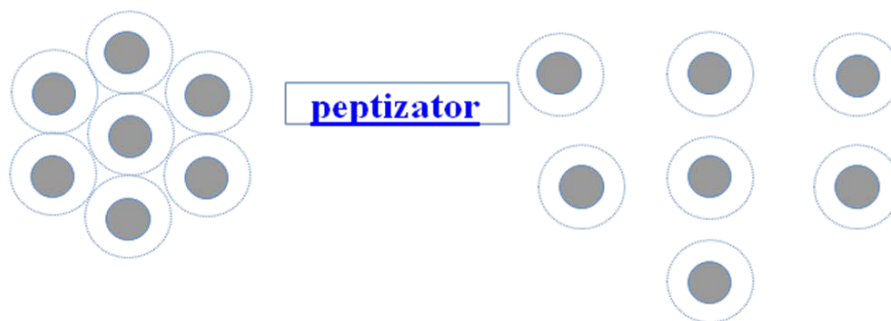
4.4-rasm. Metallarning elektr yordami bilan changlatib, kolloid eritma xosil qilish sxemasi

Ultratovush yordamida changlatish

Kolloid eritma olish uchun ultratovush to‘lqini maydoniga bir-biri bilan aralashmaydigan ikkita suyuqlik solingan idish qo‘yiladi. Emulsiyalar shu usulda olinadi. Ushbu usul bilan ko‘pgina moddalarning kolloid eritmalarini hosil qilish mumkin. Bu usul yordamida **S.N. Rjevkin** hamda **V.Ostrovskiylar** Ag, Pd, Sn, Bi metallarining kolloid eritmalarini hosil qildilar.

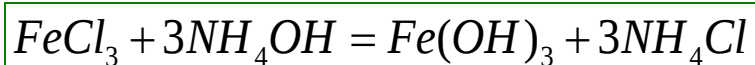
Kolloid eritmalarini peptizatsiya usulida olish

Peptizatsiya koagulyatsiyaga teskari jarayondir. Unda cho‘kmaga tushgan zarrachalar dezagregatsiyaga uchrab, qaytadan alohida kolloid zarrachalarga o‘tishi ro‘y beradi.

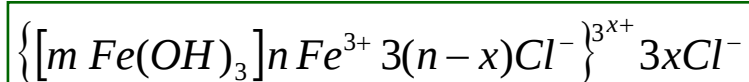


Zolning koagulyatsiya mahsulotini qaytadan kolloid eritma holatiga o‘tkazish *peptizatsiya* deb ataladi. Buni amalga oshirish uchun xosil bo‘lgan cho‘kmaga (koagulyantga) birorta elektrolit qo‘shib, erituvchi bilan aralashtiriladi. Shunda qaytadan zol hosil bo‘ladi. Kolloid eritma olishda ishlatiladigan elektrolit **peptizator** deyiladi. Elektrolitlardan tashqari peptizator sifatida ba’zi sirt-faol moddalar ishlatiladi. **Peptizatsiya tezligiga** – *elektrolit konsentratsiyasi, cho‘kma holati va miqdori, harorat, aralashtirish tezligi, pH, ultratovush, radioaktiv nurlar va x.k. ta’sir etadi.*

Agarzarracha sirtiga peptizatorning o‘zi yutilib, kolloid eritma hosil bo‘lsa – *bevosita peptizatsiya* deyiladi.

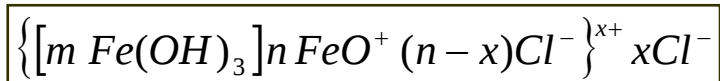
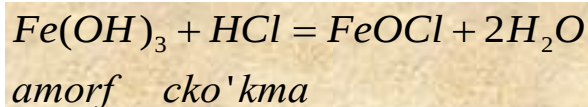


$FeCl_3$ - **peptizator**



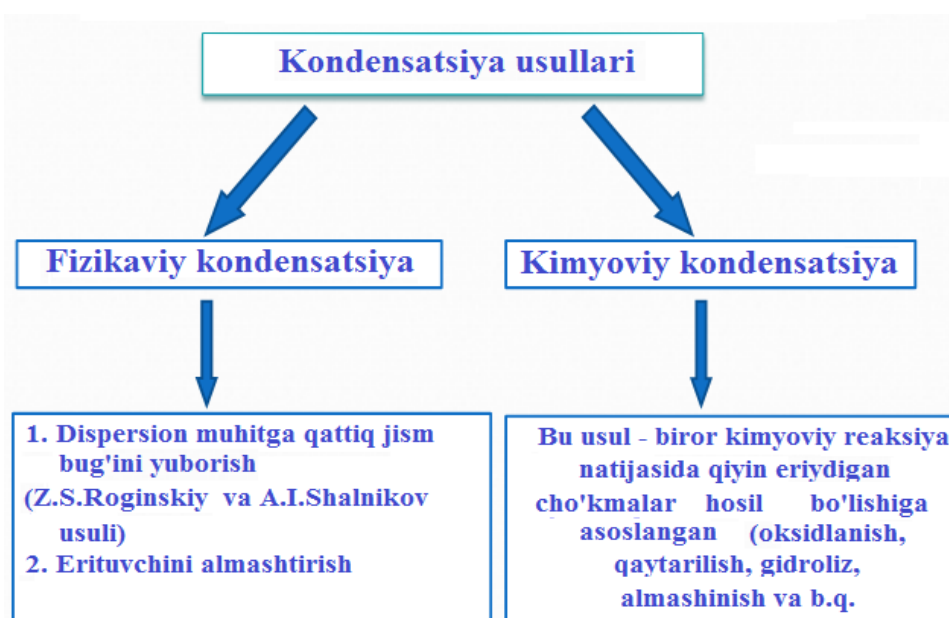
Agar zarracha sirtiga peptizatorning o'zi emas, uning cho'kma bilan hosil qilgan oraliq mahsuloti shimilsa – *bilvosita peptizatsiya* deyiladi.

FeOCl - **peptizator**



Kondensatsiya usullari. Molekulyar yoki ion o'lchamidagi zarrachalarni Van-der-Vaals tortilish kuchi hisobiga kolloid zarracha o'lchamigacha yiriklashtirish usuli *kondensatsion usul* deyiladi.

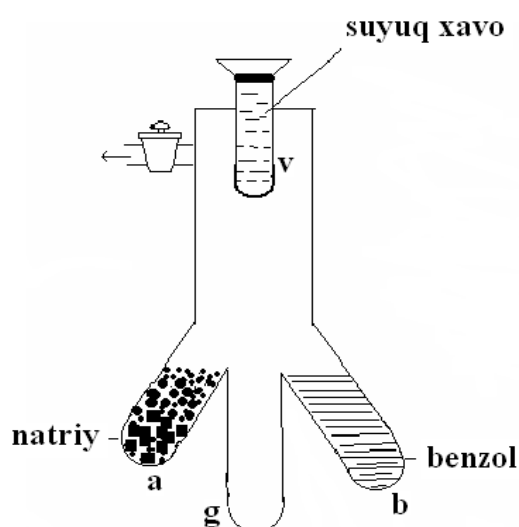
Ushbu usulga muvofiq kolloid sistema olishning asosiy sharti, eritma o'ta to'yingan bo'lib, yangidan hosil bo'layotgan dispers faza zarrachalari ayni dispersion muhitda *erimasligi lozim*. O'ta to'yingan eritmada dastlab dispers fazaning mikrokristallari (*zarodishlari*) vujudga keladi. Ularning o'sishi davomida zarrachalar kolloid o'lchamligigacha yiriklashadi, shu mexanizm bo'yicha kolloid sistemalarni 2 xil yo'l bilan olish mumkin:



Fizikaviy kondensatsiya usuli bilan dispersion muhitga qattiq jism bug'ini yuborib, uni suyuq havoda sovutish bilan kondensatsiyalab kolloid sistema hosil qilinadi. Bu usulni rus olimlari **A.I. Shalnikov** va **S.Z. Roginskiylar** ishlab

chiqishgan. Bu usulda juda ko‘p metall (Hg, Cd, K, Pb, Cs, Na) va metalloidlar (Se, S, P) ning gidrozollari va organozollari olinadi.

Asbobning “a” qismiga bug‘lanuvchi qattiq modda (*masalan, natriy*), “b” qismiga dispersion muhit (*masalan, benzol*), “V” qismiga suyuq havo solinadi. Asbobning a va b qismlari qizdirilganda Na va benzol bug‘lanib, suyuqhavo solingan V idish sirtida kondensatlanadi. Suyuq havo olib qo‘yilgach, kondensatlanish natijasida hosil bo‘lgan kolloid eritma asbobning g qismiga yig‘iladi.



4.5-rasm. Shalnikov va Roginskiy usulida kolloid eritma tayyorlanadigan asbobning tuzilishi

Erituvchini almashtirish usulida ko‘p miqdordagi erituvchiga unda qiyin eriydigan moddaning molekulyar eritmasidan oz miqdorda qo‘shilsa, erigan moddaning molekulalari kondensatlanib, kolloid zarracha o‘lchamligigacha yiriklashadi va ayni dispersion muhitda kolloid sistema hosil qiladi. Shu usulda *selen, fosfor, palmetin kislota, gummigut, mastikalarning* barqaror zollarini tayyorlash mumkin. *Masalan*: osh tuzining spirtidagi eritmasidan efirga tomchilatib qo‘yilsa, osh tuzining eterozoli hosil bo‘ladi. Agar suvga kanifol yoki oltingugurtning spirtidagi eritmasidan juda oz miqdorda quyilsa, oltingugurt yoki kanifolning gidrozoli hosil bo‘ladi.

Kimyoviy kondensatsiya usulida kolloid sistema olinishi kimyoviy reaksiyalar yordamida *qiyin eruvchan modda* xosil bo‘lishiga asoslangandir. Kimyoviy

kondensatsiya usulida kolloid sistemalar olishda qo‘yidagi ikki shart bajarilishi lozim:

1. Reaksiya uchun olingan chin eritmaning konsentratsiyasi juda kichik bo‘lishi kerak;

2. Reaksiyaga kirishayotgan elektrolitlarning birortasi ortiqcha miqdorda bo‘lishi lozim. Shu ortiqcha miqdorda olingan elektrolit stabilizator vazifasini bajaradi. Ayrim reaksiyalarda stabilizator reaksiya davomida (*oraliq mahsulot*) xosil bo‘lishi mumkin.

Kolloid sistemalar ushbu usulga ko‘ra *oksidlanish, qaytarilish, gidroliz, almashinish* reaksiyalari asosida olinishi mumkin:

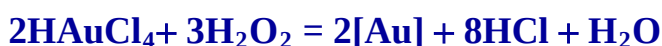
1. Oksidlanish reaksiyasi asosida sulfid kislotasi (*vodorod sulfidning eritmasi*) xavodagi kislorod bilan oksidlanib oltingugurt gidrozolini hosil qiladi:



Oltingugurt gidrozoli shuningdek metallar sulfidlaridan yoki giposulfitdan eritmada oksidlanish reaksiyasi asosida olinishi mumkin:



2. Qaytarilish reaksiyasi asosida ko‘pchilik metallar **Au, Ag, Pt, Pd, Os, Hg, Vi, Cu** va ba’zi bir metalloidlar - **P, Te, Se** ning zollari olinishi mumkin:



Qaytaruvchi sifatida *formalin, gidrazin, tannin, fenilgidrazin, alkaloidlar* qo‘llanilishi mumkin.

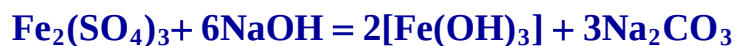
3. Gidroliz reaksiyasi asosida zolni **Krekke** va **Grem** usullari yordami bilan olinadi.

Krekke usuli: qaynoq suvga oz miqdorda **FeCl₃**ning suyultirilgan eritmasidan qo‘shilsa qo‘ng‘ir tusli temir III gidroksidi zoli hosil bo‘ladi:



Reaksiya oxiriga borishi uchun reaksiya aralashmadan xlorid kislotani *dializ* yo'li bilan chiqarib turish lozim.

Grem usuli: temir xlorid tuzining konsentrlangan eritmasiga ammoniy karbonat tuzining to'yingan eritmasidan tomchilatib qo'yilsa, to'q qo'ng'ir tusli barqaror zol hosil bo'ladi:

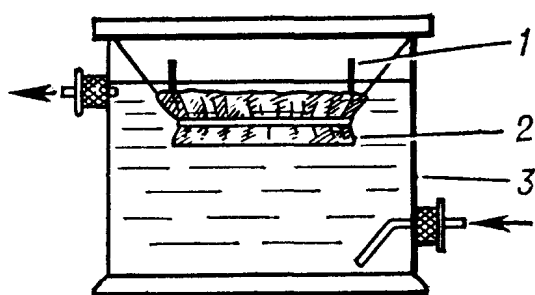


4. Almashinish reaksiyasi kolloid sistema olishda kimyoviy kondensatsiyaning keng tarqalgan usulidir:



4.2 §. KOLLOID ERITMALARNI TOZALASH

Kolloid eritmalar hosil bo'lganida, ular tarkibida dispers faza va dispersion muhitdan tashqari har xil aralashmalar – *kislota, asos, tuzlar hamda kolloid eritmalar*ni barqaror bo'lishi uchun qo'shilgan elektrolitlarning ortiqcha miqdori ham bo'ladi. Shu aralashmalardan kollod eritmalarini tozalashda qo'yidagi usullardan foydalaniladi:

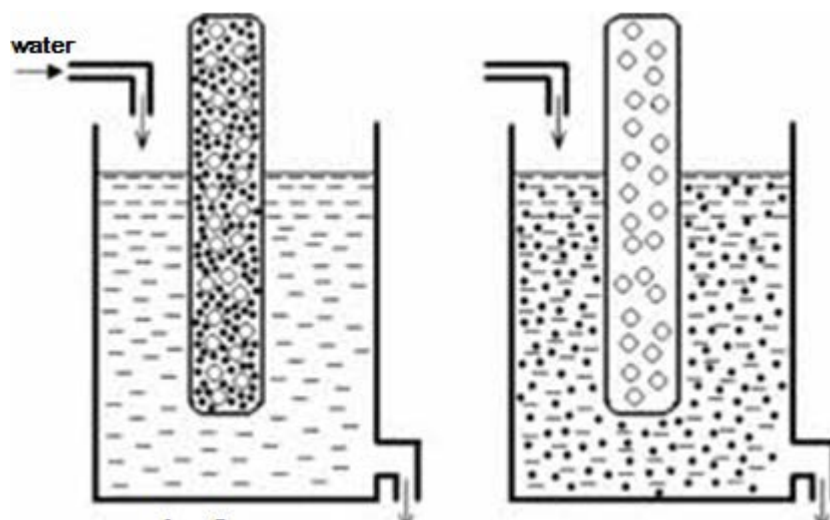


4.6-rasm. Oddiy dializator

Dializ. Past tomonida yarim o'tkazgich membrana – (kolloidiy yoki mol pufagidan iborat parda) bo'lgan idishga kolloid eritma solinadi. Shu eritmali idish distillangan suvli boshqa idishga tushirilib maxkamlab qo'yiladi (4.6-rasm).

Idishdagi suv tez-tez almashtirilib turiladi, Yarim o'tkazgich membrana teshiklarining diametri **20-30nm** atrofida bo'ladi. Bu teshiklardan molekula va

ionlar yuvilib o'tadi, dispers faza zarrachalari o'ta olmaydi, yani, kolloid eritmadagi elektrolitlar diffuziyalanib chiqib ketadi va kolloid eritma tozalanadi.

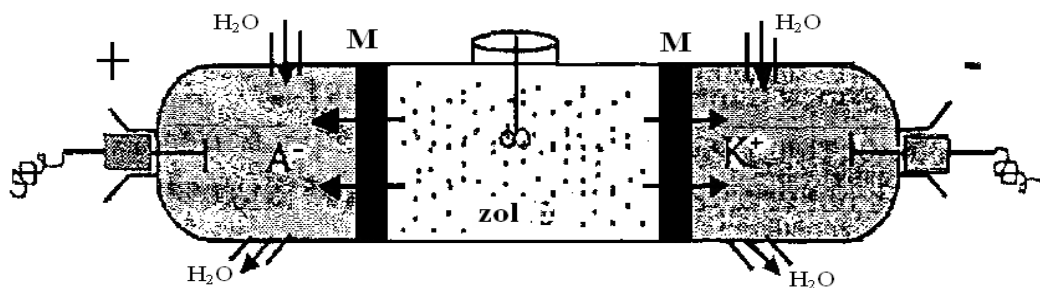


4.7-rasm. a) Dializdan avvalgi holat

b) Dializdan keyingi holat

Dispers sistemalarni maxsus yarimo'tkazgich xossaga ega bo'lgan materialdan tayyorlangan idishlardan foydalanib tozalash mumkin. Bunda dispers sistemlarni chin eritmalaridan to'liq tozalashga erishish mumkin.

Elektrodializ. Kolloid eritmalarini tozalashda elektrodializdan ham keng foydalaniladi, chunki bu usul juda kam vaqt talab qiladi. Elektrodializ usuli elektr maydonida olib boriladi:



4.8-rasm. Elektrodializ sxemasi

Ikki membrana oralig'iga elektrolitlardan tozalanishi kerak bo'lgan kolloid eritma solinadi. Membranalar tushirilgan idishning bir chekkasiga *anod*, ikkinchi chekkasiga *katod* o'rnatiladi. Idish orqali *elektr toki ulanganida* musbat ionlar katodga, manfiy ionlar esa anodga tomon harakat qiladi. Ular membranadan o'tib,

idishning elektrodlar tushirilgan qismlari atrofiga yig'ila boshlaydi. Tozalangan zol esa idishning o'rtasidagi qismida qoladi.

Ultrafiltratsiya - kolloid eritmani teshiklarining o'lchami kolloid zarracha o'lchamlaridan kichik bo'lgan filtrlardan foydalanib elektrolitlardan tozalashdir.

Ultrafiltrlar sifatida *sellyuloza efirlari, oksillar, kollodiy, polistirol* kabilar ishlatiladi. Ultrafiltrat teshiklari membrananing suv kirituvchanligi bilan aniqlanadi:

$$D = \frac{r}{F \cdot t \cdot \Delta P} \quad (4.2)$$

bu erda **D**-suv kirituvchanlik yoki 1 dina/sm² kuch ta'sirida 1 sekundda 1 sm² membrana orqali o'tgan suv miqdori; **F** – ultrafiltr maydoni; **ΔP** – tezlashtiruvchi bosimning o'zgarishi (1 din/sm² = 0,00075 mm.sim.ust.); **t**– filtratsiya vaqti; **r** –

membrana teshiklari radiusi:

$$r = \sqrt{\frac{24D\rho^2\eta}{\omega}}$$

(4.3)

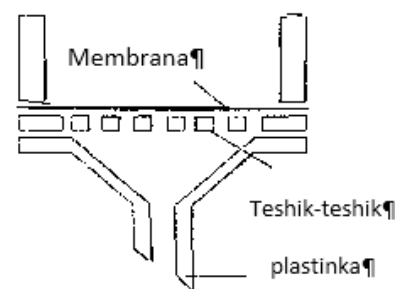
bu yerda **ρ** – membrana qalinligi (mikrometrlarda o'lchanadi); **η** – suv qovushqoqligi; **ω** – 1 sm²

yuzada suv bilan to'lgan g'ovaklar hajmi.

Teshiklar hajmi **ω** qo'yidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{J_n + J_k}{F \cdot d_{H_2O}} \quad (4.4)$$

bu yerda **J_n** – nam membrana og'irligi, **J_k** – quruq membrana og'irli, **d_{H₂O}** – suvning zichligi, **F** – filtr maydoni



4.9 – rasm. **Ultrafiltrlash**
varonkasi

Ultratsentrifugalash. Kolloidlarni tozalashda va ularni turli fraksiyalarga ajratishda eng ko'p ishlatiladigan usul – ultratsentrifugalash usulidir. Kolloid eritmalarini tozalash uchun sentrifugadan dastlab 1913 yilda **A.V. Dumanskiy** foydalandi. Keyinchalik shved olimi **T.Svedberg** (va uning shogirdlari) 10⁵-10⁶g ga yaqin tezlanish bilan ishlaydigan ultratsentrifugalalar yaratishga muvaffaq bo'ldi.

Zamonaviy ultratsentrifugal yordami bilan faqat gidrofob kolloid zarrachalarnigina emas, balki oqsil va boshqa yuqori molekulyar moddalarni ham cho‘kmaga tushirish mumkin bo‘ldi.



Zamonaviy ultratsentrifugal murakkab qurilma bo‘lib, ularni markaziy rotorlari 20-60000 ayl/min tezlikdan oshadi. *Markazdan qochma kuch* ta’sirida dispers sistemalar molekula, atom, ionlardan ajratilishi mumkin.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Kolloid sistemalarni qanday usullar bilan olish mumkin?
2. Dispergatsiya usulining mohiyati.
3. Qattiq jism mustahkamligining adsorbsion kamayishi, Rebinder effekti.
4. Elektr yordamida “changlatish” usuli bilan qanday sistemalar olinadi?
5. Peptizatsiya.
6. Kondensatsiya usuli. Kimyoviy kondensatsiyaga misollar keltiring.
7. Fizik kondensatsiya.
8. Kolloid eritmalarni tozalash.
9. Dializ va elektrodializ. Ultrafiltratsiya usuli.



Ma'lumki, molekulyar-kinetik nazariyaga muvofiq, *gaz* - o'zicha betartib harakat qiluvchi zarrachalar (*molekula va atomlar*) yig'indisidan iborat. Bunday harakatlar *haqiqiy eritmalarda* ham katta ahamiyatga ega. Eritmalarning ba'zi xossalari erigan modda tabiati qanday bo'lishidan qat'iy nazar, erimaning hajm (*yoki massa*) birligida bo'lgan zarrachalar (*molekula va ionlar*) miqdoriga bog'liq bo'ladi. Bu xossalar *eritmalarning kollegativ xossalari* deb ataladi. Ular jumlasiga erimlarda bo'ladigan *diffuziya va osmos hodisalari, eritmada toza erituvchi bug' bosimining kamayishi, muzlash haroratining pasayishi hamda qaynash haroratining ko'tarilish hodisalari kiradi*. Kolloid sistemalarni tekshirish natijasida ularda ham kollegativ xossalar mavjud ekanligi isbotlandi. Ularda xatto, *kolloid zarrachalarning tartibsiz harakatini bevosita kuzatish mumkin ekanligi* ham aniqlandi. Bu tajribalar asosida kolloid zarrachalarga mansub qonuniyatlar kashf etildi.

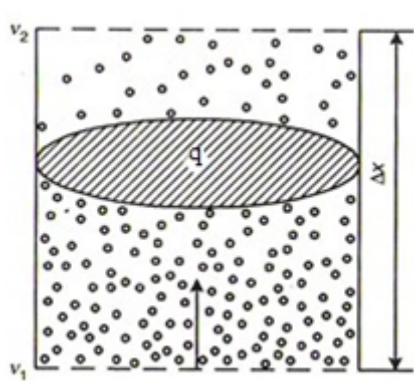
Kolloid sistemalarning molekulyar-kinetik xossalaridan eng muhimlari - kolloid zarrachalarining *diffuziyanishi, Brown harakati, kolloid eritmalarining osmotik bosimi va sedimentatsiya hodisalaridir.*

Kolloid eritmalardagi zarrachalarning oʻlchami, hajmi va massasi chin eritmadagi zarrachalarining hajmi va massasidan bir necha barobar *katta* boʻladi. Shu sababli kolloid zarrachalarning diffuziyaning tezligi chin eritmadagi zarrachalarga nisbatan bir necha marta *kichik* boʻladi.



Diffuziyaga misol qilib Berlin ko'kini suvda tarqalishini keltirish mumkin¹.

Kolloid eritmadagi zarrachalarning diffuziyalanish tezligini zarrachaning o'lchamiga bog'liqligini birinchi marta rus olimi **I.G. Borshov** topgan. Uning



fikricha zarrachaning tezligi, ya'ni diffuziya tezligi zarracha radiusiga teskari proporsionaldir. Diffuziya tezligi **A.Fik** (nemis fiziologi) qonuniga muvofiq, eritmaning bir-biridan **dx** oraliqda turgan ikkita nuqtasidagi konsentratsiyalar ayirmasi **dc** bo'lsa, eritmaning katta konsentratsiyali qismidan kichik konsentratsiyali joyiga **q** yuza orqali **t** vaqt davomida

ko'chib o'tadigan modda miqdorini hisoblab topishga imkon beradi (*mol hisobida, ma'lumki 1 molda $6,024 \cdot 10^{23}$ kolloid zarracha bor*):

$$dm = -D \cdot q \frac{dc}{dx} \cdot dt \quad (5.1)$$

$\frac{dc}{dx}$ – kichik diffuziya yo'li (dx)da konsentratsiyaning kamayishi bo'lib, u

konsentratsiya gradiyenti deb nomlanadi.

$$dC = C_1 - C_2$$

dt –vaqt, **D** – gradiyent birga teng bo'lganda vaqt birligida (1sek) yuza birligi (1cm^2) orqali o'tgan modda miqdorini ko'rsatadi va *diffuziya koeffitsiyenti* deb ataladi. Bu qonun **Fikning birinchi qonuni** deb ataladi.

¹Slideplayer.com

Agar diffuziya jarayonida konsentratsiya o'zgargan sari gradiyent dc/dx ham o'zgarsa, u holda konsentratsiyaning vaqt bo'yicha o'zgarishi **Fikning II – qonuni**

asosida topiladi:

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad (5.2)$$

SGS sistemasida D sm²/sek, SI sistemasida **m²/sek** bilan o'lchanadi. Diffuziya koeffitsiyentini **A.Eynshteyn** formulasi orqali ham topish mumkin:

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi r \eta} \quad \text{yoki} \quad D = \frac{kT}{6\pi r \eta}$$

R – gaz konstantasi, T – absolyut harorat, N_A – Avagadro soni, η – dispersion muhitning qovushoqlik koeffitsiyenti, r – zarracha radiusi, k – Bolsman konstantasi, ($k = 1,3806 \cdot 10^{-23}$ j/gradus).

Agar D ma'lum bo'lsa, zarracha radiusini topish mumkin:

$$r = \frac{kT}{6\pi D \eta} \quad (5.3)$$

Bu uslub – zarracha radiusini aniqlashning **diffuzion uslub** deyiladi.

Zarrachaning radiusini aniqlab bo'lgach, moddaning molekulyar og'irligini ham hisoblash mumkin:

$$M = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho N \quad (5.4)$$

ρ – dispers faza zarrachasining zichligi, N_A – Avogadro soni ($6,024 \cdot 10^{23}$).

Shunday qilib, diffuziya hodisasi kolloid zarrachalar o'lchamlarini va molekulyar massasini aniqlashda katta ahamiyatga ega.



5.2§.BROUN HARA KATI – kolloid eritmalarni ultramikroskop orqali tekshirib, kolloid zarrachalar har doim harakatda ekanligini ko'rish mumkin. 1827 yilda ingliz olimi (botanigi) **R. Broun** mikroskop orqali

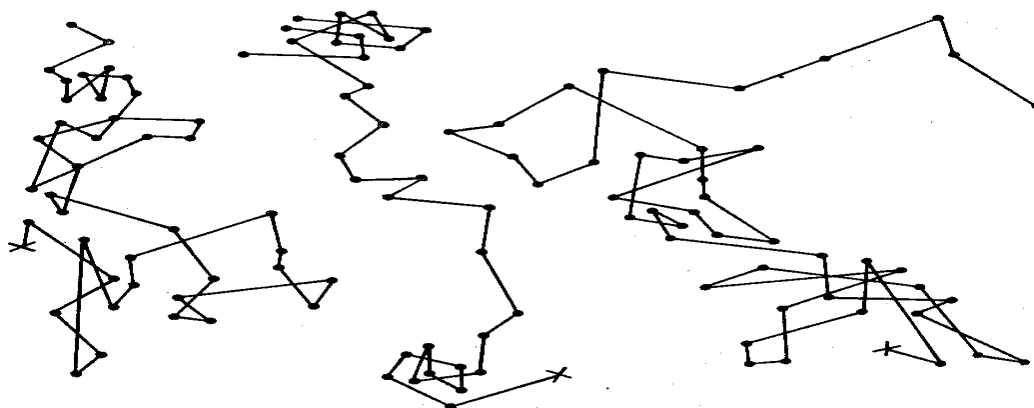
suyuqlikka tushirilgan *gul changini to'xtovsiz va tartibsiz harakatda* ekanligini kuzatdi¹. Shuning uchun bu harakat olimning sharafiga **Broun harkati** deb nomlandi.



Keyinchalik Broun bu hodisani boshqa xilma-xil moddalarda kuzatib, bu harakat moddaning tabiatiga bog'liq bo'lmasdan, balki *haroratga, zarrachaning katta-kichikligiga hamda suyuqlikning qovushoqligiga bog'liqligini* aniqladi. Ammo, Broun harakatining sababi nimada ekanligi uzoq vaqtgacha aniqlanmay qolindi. Keyinchalik *gazlar kinetik nazariyasining rivojlanishi tufayli* bu harakatning sabablarini aniqlash mumkin bo'ldi. Bu nazariyaga muvofiq, suyuqlik molekulalari hamma vaqt harakatda bo'ladi, ular suyuqlikka tushirilgan zarrachaga kelib uriladi va uni har tomonga siljitadi.

Bundan kelib chiqadiki, Broun harakati suyuqlik *molekulalarining issiqlik harakatidan* yuzaga kelar ekan.

Zarrachadagi Broun harakatini quyidagi chizmadan ko'rish mumkin:



5.1-rasm. Mastika suspenziyasi zarrachalarining Broun harakati proyeksiyasi

¹ Slideplayer.com

5.1-rasmda mastika suspenziyasining zarrachasi har **30 sekundda** o'tgan yo'lining tekislikdagi proyeksiyasi ko'rsatilgan. Zarrachaning siljishi Broun harakatining qanchalik sust yoki tez bo'layotganligini ko'rsatadi.

M.Smoluxovski va A.Eynshteyn bu konsepsiyani rivojlantirgan.

Kolloid zarrachasini harakat yo'li doimo o'zgarib turadi, uning o'tgan yo'lini chizib borish juda qiyin. Kolloid zarracha yo'lining ma'lum vaqt ichida o'zgarishi zarrachaning siljishi deyiladi. 1905 yilda **A.Eynshteyn** va 1906 yilda **M.Smoluxovskiy** bir-birlaridan bexabar holda Broun harakatining kinetik nazariyasini yaratdilar.

Eynshteyn Broun harakatiga gaz qonunlarini qo'llab, zarrachaning Δt vaqt ichida ***o'rtacha siljishining kvadrat qiymatini*** aniqlash formulasini topdi:

$$\Delta x^2 = 2D \cdot \Delta t \quad (5.5)$$

Bunda **D** – erigan moddaning diffuziya koeffitsiyenti.

Agar Eynshteyn (5.5) tenglamasiga **D** ning qiymatini qo'ysak:

$$\Delta x^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{RT}{N_A \pi r \eta} \cdot \Delta t \quad (5.6) \text{ kelib chiqadi.}$$

Bu **Eynshteyn-Smoluxovskiy tenglamasi** deb yuritiladi. Bu tenglamaning foydali joyi shu yerdaki, **r** dan boshqa hamma kattaliklarni tajribadan topish mumkin. Bundan foydalanib **N_A** – Avagadro sonini ham topish mumkin.

J.B. Perren bu formuladan, foydalanib mastika va gummigut suspenziyalari bilan o'tkazilgan tajribalarining natijalari asosida Avagadro soni **6,85·10²³** ga teng bo'lishini topdi. J.M. Fletcher yog' zarrachalari bilan o'tkazilgan 6000 ta tajribasi asosida Avagadro soni **6,03·10²³** ekanligini topdi. Bu topilgan qiymatlar hozirgi zamonda qabul qilingan Avagadro soniga (6,024·10²³ ga) juda yaqin sonlardir.

5.3§ SEDIMENTASIYA

Gaz yoki suyuq muhitda osilib turgan kolloid sistemalar zarrachasi ikkita qarama-qarshi kuchga duch keladi:

- ***birinchidan, og'irlik kuchi zarrachalarni pastga yig'ishga, konsentrlashga intilsa;***

- *ikkinchidan, diffuziya kuchi dispers fazani katta konsentratsiyadan kichik konsentratsiyaga harakatlanishga undaydi.*

Kolloid zarrachalarning o'z og'irlik kuchlari ta'sirida cho'kmaga tushishi sedimentatsiya deb ataladi.

Lekin, eritmada *Broun harakatining* borligi sedimentatsiya bo'lishiga qarshilik ko'rsatadi.

Kolloid eritmada og'ir zarrachalar cho'kmaga tushadi, yengili yuqoriga diffuziylanadi. Vaqt birligi ichida sedimentatsion kuchlar bilan diffuziya kuchlari bir-biriga teng bo'lganda – *sedimentatsion muvozanat* qaror topadi.

Sedimentatsion muvozanatda zarrachalar konsentratsiyasi past qatlamdan yuqori qatlama qarab kamayib boradi. Konsentratsiyaning bunday kamayishi *Laplas* qonuniga bo'ysunadi:

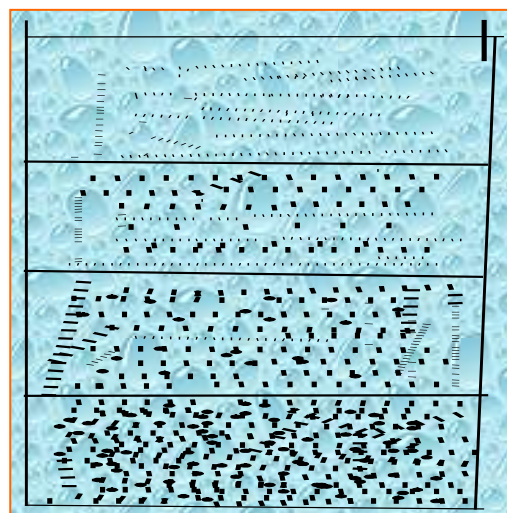
Zol ustunini arifmetik progressiya bilan ortishi zarrachalar konsentratsiyasini geometrik progressiya bo'yicha pasayishiga olib keladi.

Bu qonuniyatni 1909 yilda *J.B .Perren* aniqladi. U zarrachalarning o'lchami **0,2 mkm** bo'lgan gummigut sharchalarini taqsimlanishini mikroskop ostida tekshirdi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, demak zarracha qancha yirik bo'lsa, shuncha tez cho'kadi. Zarrachalarning cho'kish tezligi ularning tabiatiga bog'liq bo'lmay, *zarrachalarning o'lchami, zarracha va muhit zichliklari orasidagi farq hamda muhit qovushqoqligiga bog'liq.*

Stoks qonuniga binoan sedimentatsiya tezligi:

$$v = \frac{2g(\rho - \rho_0) \cdot r^2}{9\eta} \quad (5.7)$$



g - og'irlik kuchi tezlanishi, ρ – zarracha zichligi, ρ_0 - muhit zichlig, r – zarracha radiusi, η – muhit qovushqoqligi.

Agar zarracha muhitdan yengil bo'lsa (*masalan*, yog'), $\rho - \rho_0$ manfiy bo'ladi va zarracha yuzaga suzib chiqadi.

Cho'kish tezligini o'lchab, zarracha radiusini hisoblab topish mumkin:

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot v \cdot \eta}{2g(\rho - \rho_0)}} \quad (5.8)$$

Zarrachalarning o'lchami qancha kichik bo'lsa broun harakatining ta'siri shuncha katta bo'ladi. Shuning uchun *gazlar va chin eritmalar (yuqori dispers sistemalar)* katta kinetik turg'unlikka ega bo'ladi. Aksincha, dag'al dispers sistemalar *kinetik beqaror* bo'ladi. ***Kolloid sistemalarda sedimentatsiyani hoyatda sust boradi, ya'ni kolloid eritmalar sedimentatsion barqaror sistemalaridir.***

Lekin *sedimentatsiyani tezlatish usullari* ham mavjud. Bu usullardan biri *kolloid eritmani sentrifugalash*, ya'ni markazdan qochuvchi kuch ta'sir ettirish. Birinchi sentrifuga 1913 yilda rus olimi **A.V. Dumanskiy** tomonidan qo'llanildi. 1923 yilda shved olimi **T.Svedberg** tomonidan juda kuchli sentrifugalar ishlab chiqildi.

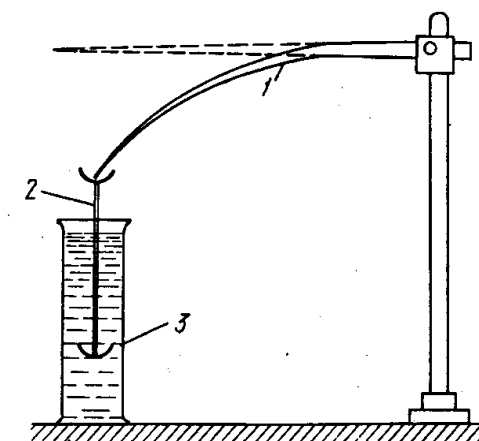
Suspenziya zarrachalarining o'lchamlarini tajribada aniqlash uchun ***sedimentatsion analiz usulidan*** foydalaniladi. Sedimentatsion analiz turli usullar bilan amalga oshiriladi. *Masalan*,

- 1) harakatsiz suyuqlik ichida zarrachalarning cho'kish tezligini aniqlash;
- 2) suspenziyani chayqatib yuborib, harakatdagi suyuqlik ichida dispers fazani fraksiyalar shaklida ketma-ket cho'ktirish;
- 3) suspenziya zarrachalarini havo oqimi ta'sirida bir-biridan ajratish;
- 4) markazdan qochuvchi kuch maydonida dispers faza zarrachalarini cho'ktirish.

Bu usullardan eng ko'p qo'llaniladigani birinchi usuldir.

Sedimentatsion analizda **N.A. Figurowskiyning** sedimentatsion tarozisidan foydalaniladi. Rasmda ko'rsatilganidek, qurilma juda oddiy tuzilgan. Kvarsdan yasalgan (*yoki, shisha*) shayn (*tayoqcha*) (1) bir tomondan metall shtativga

o'rnatiladi; uning ikkinchi uchida ilmoqchasi bo'lib, unga shisha ip (2) va tarozi pallachasi (3) ilinadi; pallacha dispers sistema (*suyuqlik*) ichiga tushurilgan bo'ladi. Buning natijasida pallacha massasi o'zgaradi, shaynning vaziyati ham o'zgaradi. Uning o'zgarishini mikroskop yordamida bilib olish mumkin. Shaynning o'zgarishdan foydalanib pallachaga tushgan *cho'kma* massasi hisoblab topiladi.



5.2-rasm. Figurovskiy tarozisi:
1-kvarsdan yasalgan shayn, 2-shisha ip, 3-tarozi pallachasi

5.4§ KOLLOID ERITMALARNING OSMOTIK BOSIMI

Kolloid eritmalar ham osmotik bosim kuzatiladi. Lekin chin eritmalaridan juda kichik. Chunki, eritmalarining osmotik bosimi hajm birligida mavjud molekulalar va ionlar soniga to'g'ri proporsionaldir. Kolloid eritmalarining hajm birligidagi zarrachalar soni kam bo'lgani uchun ularning osmotik bosimi juda kichik bo'ladi.

Misol:

-1% oltin zolining osmotik bosimi **0,00045 atm.** bo'lsa,

-shu konsentratsiyadagi saxarozaning osmotik bosimi **0,725 atm.** ga teng.

Kolloid sistemalardagi osmotik bosimning ma'lum bir qismi *elektrolitlar* tufayli sodir bo'lishi mumkin.

Gaz qonunlarini chin eritmalarga tadbiq etgandek, kolloid eritmalarga ham tadbiq etish mumkin. Kolloid eritmalar uchun **Mendeleyev-Klayperon** tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$PV = \frac{\nu}{N_A} RT \quad \text{yoki} \quad P = \frac{\nu}{V} \cdot \frac{RT}{N_A}$$

ν/V – kolloid zarrachalarning konsentratsiyasi, ya'ni kolloid eritmaning hajm birligidagi zarrachalar soni, ν – zarrachalar soni, N_A – Avagadro soni, P – osmotik bosim.

Eritmalarning osmotik bosimini yana quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$P = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V}$$

Formuladan ko'rinib turibdiki, osmotik bosim - **zarrachalar soni va haroratga bog'liq bo'lib, zarracha tabiatiga va o'lchamiga bog'liq emas.**

Agar eritmaning **molyar konsentratsiyalari bir xil bo'lsa**, osmotik bosimi ham bir xil bo'ladi. Bunday eritmalar **izotonik eritmalar** deyiladi.

Kolloid eritma zarrachalarining esa massasi o'zgarib turadi. Agar harorat pasaysa, zarrachalar birlashib yiriklashadi (**agregatsiyalanadi**). Harorat ortganda massa parchalanadi – **dezagregatsiyalanadi**. Agregatsiya pasaygan sari osmotik bosim ortadi. Demak, harorat ortsa kolloid eritmalarning osmotik bosimi ham ortadi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Kolloid sistemalarning molekulyar – kinetik xossalari.
2. Diffuziyaning tezligi va zarracha o'lchami orasida qanday bog'liqlik bor; Fikning I qonuni.
3. Fikning II qonunini.
4. Nima sababdan suyuqlikka gul changi tushirilsa u to'xtovsiz harakatda bo'ladi?
5. Sedimentatsiya xodisasi.
6. Suspenziyadagi dispers faza zarrachalarining o'lchami qanday aniqlanishi mumkin?
7. Nima sababdan kolloid eritmalarda osmotik bosim chin va real eritmalarning osmotik bosimidan kam bo'ladi?

5.5§ KOLLOID DISPERS SISTEMALARNING OPTIK XOSSALARI

Kolloid eritmalarning optik xossalari yorug'likni kolloid eritmalarida tarqalishi va yutilishi, kolloid eritmalarning rangi, ikkilamchi yorug'likning sinishi hamda ultramikroskopik, elektrono-mikroskopik va rengenografik xossalari kiradi.

Dispers sistemalarda optik xossalarning namoyon bo'lishiga asosiy sabab, *ularning dispersligi va geterogenligidir*. Dispers sistemalarining optik xususiyatlariga ta'sir etadigan asosiy omillar – ***ularning strukturasi, zarrachalarining o'lchami va shaklidir***.

Optik mikroskopda ko'rinmaydigan zarrachalardan tortib to dag'al dispers sistemalar zarrachalariga qadar yorug'lik nuri optik sirtlardan o'tganda ***yutilishi, qaytarilishi, sinishi, tarqalishi, yoyilib ketishi*** mumkin. *Bu hodisalarning qaysi biri bo'lishi, tushayotgan yorug'lik nurining to'lqin uzunligi bilan zarrachalarning o'lchami orasidagi nisbatga bog'liq*. Agar dispers sistemalarda zarrachaning o'lchami yorug'lik nurining to'lqin uzunligidan katta bo'lsa, yorug'lik nuri zarrachaga urilganda undan qaytadi, agar zarrachaning o'lchami nurning to'lqin uzunligidan kichik bo'lsa, u holda nur zarrachaga urilganda yoyiladi.

Dispers sistemalarning rangi ularning disperslik darajasiga bog'liq bo'ladi. ***Masalan***, disperslik darajasi yuqori bo'lgan oltin zollarining rangi ko'pincha *qizil va to'q sariq bo'ladi*; disperslik darajasi past bo'lgan oltin zollari *binafsha va ko'k tuslidir*. Disperslik darajasi ortishi bilan zolning rangi ayni kolloid eritmani hosil qilgan dispers faza moddasining bug' holatidagi rangiga yaqinlashadi. Jadvalda kumush zollarining disperslik darajasi va rangi ko'rsatilgan.

5.1-jadval

Kumush zolining disperslik darajasiga ko'ra rangi

Zarrachaning o'lchami, nm hisobida	Zolning rangi
79	to'qsariq
90	qizil
110	ko'k-binafsha
160	ko'k

As_2S_3 zoli – sariq, Sb_2S_3 zoli – qovoq rang, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – zoli jigar rang tuslarga ega.

Metall zollarining o'tayotgan yorug'likdagi rangi *yutilgan nurning to'lqin uzunligiga* ham bog'liq. Masalan,

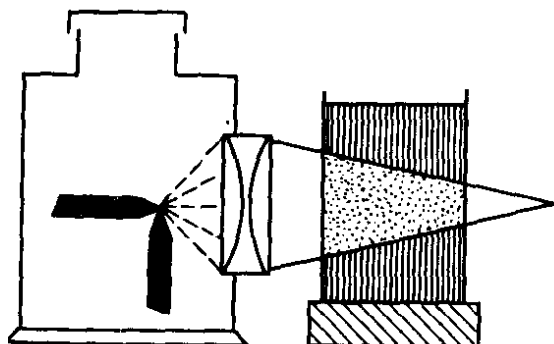
- Oltinning yuqori dispers zoli orqali yorug'lik nuri o'tganda zol to'lqin uzunliklari **550,0-510,0 nm** bo'lgan *yashil nurlarnigina* yutadi. Shuning uchun zol *qizil tusga kirib turadi*, chunki *yashil rang uchun qo'shimcha rang qizildir*.
- Oltinning disperslik darajasi past bo'lgan zollari orqali yorug'lik nuri o'tganda zol to'lqin uzunligi **585,0-575,0 nm** bo'lgan *sariq nurlarni* yutadi; sariq rang uchun qo'shimcha rang *ko'k rang* bo'lganligidan bu zol ko'kranglidir.
- Agar oltin zolining disperslik darajasi nihoyatda yuqori bo'lsa, u to'lqin uzunliklari **480,0-450,0 nm** bo'lgan *ko'k nurni* yutadi. Shu sababli bunday zol *sariq tusda* bo'ladi.

Dispers sistemaga intensiv yorug'lik nuri tushirilsa va shuyorug'lik nurining yo'nalishiga biror burchak bilan qaralsa sistema ichida *konus shaklidagi yorug'likni* ko'rish mumkin. Bu hodisani avval *M.Faradey* so'ngra 1869 yilda *J.Tindal* kuzatgan. Shuning uchun bu hodisa ularning nomi bilan **Faradey- Tindal effekti** deb ataladi.

J.Tindal tajriba orqali turli aralashmalarning kolloid yoki kolloid emasligini aniqlashning oson usulini ko'rsatib berdi.



Faradey – Tindal effektini ko‘rish uchun to‘rt qirrali shisha idishga (kyuvetaga) dispers sistema solinadi-da, qora parda oldiga qo‘yib, proyeksion fonar bilan yoritiladi.



5.3-rasm. Faradey – Tindal effekti

Bu tajribada yorug‘ konus hosil bo‘ladi. Bunga sabab, kolloid zarrachalarga tushgan yorug‘lik zarrachalar tomonidan yoyiladi, *ya’ni zarrachaga tushgan yorug‘lik nuri uni aylanib o‘tadi va o‘zining yo‘nalishini o‘zgartiradi*. Natijada har qaysi zarrachayorug‘lik beruvchi *nuqtaday ko‘rinadi*. Bu hodisa, ya’ni mayda zarrachalarning yorug‘likni yoyish hodisasi *opalesensiya* deyiladi. Yorug‘lik nurlarini yoyish xossasi ko‘p dispers sistemalarga xos, ayniqsa kolloid dispers va ultramikrogeterogen (*qaysiki, zarrachalarning diametri $10^{-7} - 10^{-9}m$ bo‘lgan*) kolloid sistemalarga xosdir.

Chin eritmalarida – toza suyuqlik lararalashmasida yorug‘lik nihoyatda kam yoyiladi va Faradey – Tindal effekti hosil bo‘lmaydi, hosil bo‘lsa ham sezilarsiz darajada bo‘ladi.

Tashqi ko‘rinishidan chin eritma yoki kolloid eritma ekanligini aniqlab bo‘lmaydi, lekin Faradey-Tindal effekti orqali bilib olsa bo‘ladi.

Faradey – Tindal effekti kuchli yoki kuchsiz namoyon bo‘lishi dispers sistemaning dispersligiga bog‘liq. Disperslik darajasi qancha ortsa Faradey – Tindal effekti shuncha kuchli namoyon bo‘ladi. Disperslik darajasi ma’lum qiymatga borganda, ya’ni sistema chin eritmaga yaqinlashib qolganda bu effekt pasayadi.

Dag‘al dispers sistemalarda, qaysiki zarrachalarining o‘lchami tushayotgan nurning to‘lqin uzunligidan katta bo‘lgan holda, to‘lqin uzunliklari turlicha bo‘lgan nurlar bir xilda tarqaladi. Lekin, yuqorida aytganimizdek, kolloid eritma zarrachalarinin go‘lchami tushayotgan yorug‘liknurining to‘lqin uzunligidan kichik

bo'lgani uchun **difraksiya hodisasi** ro'y beradi, ya'ni yorug'lik nuri zarrachani **“o'ra bo'tib”**, o'z yo'nalishini o'zgartiradi. Demak, kolloid eritmalarida zarrachalarning nurni yoyish qobiliyati o'sha tushayotgan nurning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'ladi. Bu bog'liqlik **J.U. Reley qonuni** asosida tushuntiriladi.

J.U. Reley qonuniga muvofiq *kolloid sistema orqali o'tayotgan yorug'lik nurining intensivligi kolloid zarrachalarning soniga, zarracha hajmining kvadratiga to'g'ri proporsional, tushayotgan yorug'lik nurit o'lqin uzunligining to'rtinchi darajasiga teskari proporsionaldir:*

$$I = kI_0 \frac{\nu \nu^2}{\lambda^4} \cdot \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 \quad (5.9)$$

Bu yerda: **I** – kolloid zarrachadan yoyilayotgan yorug'likning intensivligi.

I_0 – yorituvchi nurning intensivligi.

ν – sistemaning hajm birligidagi zarrachalari soni.

ν – har qaysi zarrachaning hajmi.

n_1 – kolloid zarrachaning yorug'likni sindirish koeffitsiyenti.

n_2 – dispers ion muhitni hosil qilgan moddaning yorug'likni sindirish koeffitsiyenti.

k – proporsionallik koeffitsiyenti **$k = 24 \text{ P}^3$** .

λ – yorug'lik nurining to'lqin uzunligi

Agar dispers fazaning (ya'ni zarrachaning) yorug'likni sindirish koeffitsiyenti dispers ion muhitni tashkil qilgan moddaning yorug'likni sindirish koeffitsiyentiga **teng bo'lsa**, bunday sistemada **Faradey–Tindal** effekti ko'rinmaydi. Aksincha, bu farq qancha katta bo'lsa, **Faradey–Tindal** effekti shuncha ravshan ko'rinadi.

Shuni ham aytib o'tish kerakki, Reley formulasini zarrachalarining o'lchamlari **40-70 nm** dan katta bo'lmagan sistemalar uchungina qo'llash mumkin.

Boshqacha aytganda, bu formula faqat kolloid eritmalar uchun to'g'ri formula bo'lib, uni dag'al dispers sistemalariga tadbiq etib bo'lmaydi.

To‘lqin uzunliklari kichik bo‘lgan binafsha va havo rang nurlar kolloid sistemalarda yaxshi yoyiladi, lekin to‘lqin uzunligi katta bo‘lgan qizil nur yaxshi yoyilmaydi. Ko‘pgina rangsiz zol va minerallarni qizil rangda bo‘lishi shu sabablidir. Yondan qaralsa bu zol va minerallar ko‘k rangda bo‘ladi. Shu hodisa orqali osmon ham ko‘k rangda bo‘ladi, quyoshni botishi va chiqishi esa qizil rangda bo‘ladi.

Reley tenglamasini tahlil qiladigan bo‘lsak, shuni ko‘rish mumkinki, agar sistemadagi zarrachalarning o‘lchami $(2\div 4)\cdot 10^{-8}$ bo‘lsa, u holda yorug‘lik nurining eng ko‘p yoyilishi sodir bo‘ladi, ya’ni yoyilish maksimum bo‘ladi va kolloid disperslikka to‘g‘ri keladi. Agar bundan katta bo‘lsa, yorug‘lik nuri zarrachalardan qaytadi.

Reley formulasi tajriba yo‘li bilan zarrachalarning o‘lchamini topishga imkon beradi. Agar zarrachalarning konsentratsiyasi ma’lum bo‘lsa, u holda zarrachalarning hajmini, ularning radiusini topish mumkin. Agar γ va υ ma’lum bo‘lsa, u holda konsentratsiyani topish mumkin. Yorug‘lik nurining intensivligini (**I**) **nefelometriya** va **turbodimetriya usullari** bilan topish mumkin.

Nefelometrning ishlashi sinaladigan zolda yoyilgan yorug‘lik nurining intensivligini standart zolda yoyilgan yorug‘lik nuri intensivligi bilan solishtirib ko‘rishga asoslangan.

Reley formulasiga ko‘ra kolloid eritmada yoyilgan yorug‘lik intensivligi kolloid zarrachalarning konsentratsiyasi ν ga va kolloid zarracha hajmining kvadrati υ^2 ga proporsionaldir. Reley formulasiga kirgan barcha konstantalar o‘rniga K_1 ni qo‘yib qo‘yidagi formulani hosil qilamiz:

$$I=K_1\cdot c\cdot \upsilon$$

Nefelometr bir xildagi ikkita silindrik shisha idishdan iborat bo‘lib, ularning biriga standart zol, ikkinchisiga sinaladigan zol to‘ldiriladi. Ikkala idish yon tomondan yorug‘lik manbai bilan yoritiladi. Bu vaqtda ikkala idishda ham Tindal effekti vujudga keladi. Zollardan yoyilgan nur asbobning tepa qismidagi **okulyarga** tushadi. Sinaladigan zolning konsentratsiyasi standart zol konsentratsiyasiga teng bo‘lmasa, ikkala zoldan yoyilgan yorug‘likning intensivligi turlicha bo‘ladi, ya’ni okulyardan ko‘rinadigan 2ta yarim doiraning biri yorug‘roq va ikkinchisi

qorong'iroq bo'ladi. Silindrik shisha idishlardan birini yuqoriga ko'tarish yoki pastga tushirish orqali idishlardagi zollarning yoritilayotgan balandliklarini o'zgartirib, okulyardagi ikkala yarim doirani bir hil yoritish mumkin.

Ikkala yarim doira bir xil yoritilayotganda zollarning yoritilayotgan qism balandliklari zollarning konsentratsiyalariga teskari proporsional bo'ladi:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

C_1 – standart zol konsentratsiyasi; C_2 – sinaladigan zol konsentratsiyasi; h_1 – standart zolning yoritilgan qism balandligi; h_2 – sinaladigan zolning yoritilayotgan qism balandligi.

Avstriyalik fizik **R.Zigmondi** 1903 yilda **Faradey – Tindal** effektidan foydalanib, ultramikroskop yasadi.

Ultramikroskopda manbadan tushayotgan nur bilan ko'riladigan nur bir – biriga perpendikulyar bo'ladi: manbadan chiqqan nur mikroskopga tushmaydi, shuning uchun mikroskopda qorong'ilik ko'rinadi. Agar manbadan chiqqan nur kolloid zarrachaga tushsa, kolloid zarracha bu nurni yoyadi, zarrachaning o'zi esa yorug'lik manbai bo'lib xizmat qiladi. Shuning uchun mikroskopdan qaraganimizda qorong'i fonda yorug'likni ko'ramiz.

Ultramikroskopdan foydalanib zarrachalarning o'lchamini hisoblab topish mumkin. **Kolloid zarrachalar o'lchami quyidagicha aniqlanadi:** ultramikroskop kyuvetasiga juda suyultirilgan zol solib, mikroskopda ko'rilgan yorug' nuqtalar (ya'ni zarrachalar) sanaladi. Sanash bir xil vaqt oraligida ko'p marta takrorlanib, o'rtacha natija olinadi. **Masalan**, eritma konsentratsiyasi **S** va mikroskopda ko'ringan yorug' nuqtalarining o'rtacha soni **n** bo'lsin. Agar tarkibida **n** dona zarracha bo'lgan zolning hajmi **v** bo'lsa, bir zarrachaning o'rtacha massasi **S_v/n** bo'ladi, ya'ni **$p=C_v/n$** .

Zarracha shar shaklida deb qaralsa, $\frac{4}{3}\pi r^3 d = \frac{C_v}{n}$ bo'ladi.

Bundanrqo'yidagigateng:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3C_v}{4\pi nd}}$$

Agar kolloid zarracha *anizodiametrik shaklda* bo'lsa, u holda elektron mikroskopdan foydalanish mumkin. Elektron mikroskop jismni **100000** marta va undan ham katta qilib ko'rsatadi. Bu asbobdan foydalanib, kolloid zarrachalarning va hatto polimer molekulalarining, metall hamda qotishmalarning sirt tuzilishini, virus va mikroblarning, ya'ni **0,5 – 1 nm** kattalikdagi zarrachalarni ko'rish mumkin.

Rentgenografik usuldan foydalanib esa kolloid zarrachalarning ichki tuzilishini o'rganish mumkin. Kolloid zarracha o'lchamlari kichik bo'lgani uchun kolloid sistemalarning rentgenografiya yordamida olingan **Laue** diagrammalari u qadar aniq chiqmaydi. Bu sohalar uchun **Debay – Sherrer** diagrammalari hosil qilinadi. *Debay – Sherrer diagrammalarini tekshirish yo'li bilan xilma – xil kolloidlarning ko'pchiligi kristall tuzilishga ega ekanligini aniqlash mumkin bo'ldi.* Ayniqsa og'ir metallarning zollari va ularning birikmalaridan hosil bo'lgan zollarni tekshirish samarali natijalar berdi. Rentgenografiya usuli yuqori molekulyar moddalarni va bo'kish hodisasini tekshirishda katta ahamiyatga ega. Xususan, *penitsillin, vitamin V₁₂, gemoglobin* kabi murakkab moddalar tuzilishi faqat **rentgen– struktur analiz** yordamida aniqlanadi.

Elektronografik usul bilan sirt qatlamda yotuvchi atomlararo masofalarni bevosita aniqlash mumkin, ayniqsa adsorbsion qavatlarini puxta o'rganish mumkin.

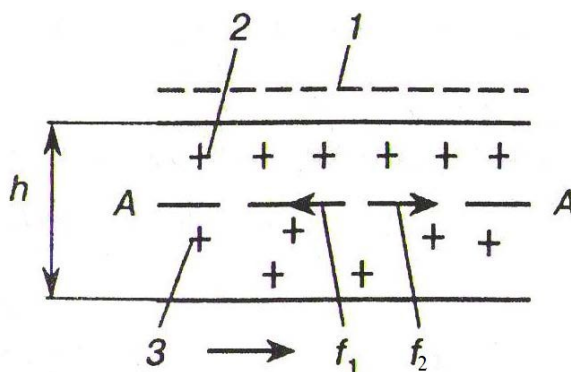
O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Dispers sistemalarning optik xossalari bilan disperslik va geterogenlik orasida qanday bog'liqlik bor?
2. Kolloidlarning rangi nimalarga bog'liq?
3. Faradey – Tindal effekti.
4. Faradey – Tindal effekti qaysi hollarda kuzatilmaydi?
5. Yorug'lik nurining yoyilish darajasi bilan zarracha o'lchami orasida qanday bog'liqlik bor?
6. Nefelometrda kolloid eritmalar konsentratsiyasi qanday aniqlanadi?

5.6§ KOLLOID SISTEMALARNING ELEKTROKINETIK XOSSALARI. QO'SH ELEKTR QAVAT HAQIDA TUSHUNCHA

Fazalararo sirtida sodir bo'ladigan **elektrokinetik hodisalar** (*xuddi adsorbsiyaga o'xshash*) – ortiqcha sirt energiyaning va fazalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining mavjudligi natijasida kelib chiqadi. Kolloid sistemalarda *elektrokinetik xossalarning* namoyon bo'lishi, kolloid zarrachalarning fazalararo chegara sathida qo'sh elektr qavat (**QEQ**) ning hosil bo'lishi va potentsiallar farqi vujudga kelishi bilan tushuntiriladi.

Geterogen sistema o'zining sirt energiyasini kamaytirishga intilishi natijasida sirt qavatdagi qutbli molekula, ion yoki elektronlarning harakati ma'lum yo'nalishda o'zgaradi, *ya'ni ionlar kimyoviy potentsiali katta bo'lgan fazadan kimyoviy potentsiali kichik bo'lgan fazaga o'tadi*. Natijada, bir-biriga tegib turgan fazalar chegarasida kattalik jihatidan o'zaro teng, lekin qarama – qarshi ishorali **zarrachalar qavati** hosil bo'ladi (5.4-rasm). Shunda o'zining potentsialiga, zaryadiga va boshqa xossalriga ega bo'lgan **qo'sh elektr qavat (QEQ) vujudga keladi**. Hosil bo'lgan **potensial** - ionlarni bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishiga qarshilik ko'rsatadi va sistemada muvozanat qaror topadi.



5.4 – rasm. Elektrokinetik hodisalarni yuzaga kelish sxemasi:

1 – ionlarning hosil qilgan elektr qavati; 2,3 – adsorbsion (2) va diffuzion (3) qavatlardagi qarshi ionlar; pastki strelka suyuqlikni harakatlanish yo'nalishi; AA – dispers faza zarrachalarini diffuzion qavatga nisbatan harakatlanishidagi siyqalanish tekisligi; f_1 , f_2 – zarracha va suyuqlikni ishqalanish kuchlari.

Qo'sh elektr qavatning hosil bo'lishi haqida uch xil mexanizm taklif qilingan:

1. Ion yoki elektron holatdagi zaryadning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi, masalan, gaz faza bilan chegaralanib turgan metall o'z ionlarini gaz fazaga bera oladi. *Metalldan ionning chiqib ketish tezligi* esa haroratga bog'liq va harorat oshgansari uning chiqib ketish intensivligi ham oshib boradi. Fiziklarning fikri bo'yicha bu hodisa **termoelektron emissiya** deb ataladi.

Elektronlarning chiqib ketishi oqibatida metallning sirti **musbat** zaryadga, gaz faza esa **manfiy** zaryadga ega bo'lib qoladi va qo'sh elektr qavat hosil qiladi. Chegara sirtida hosil bo'lgan **elektropotensial** elektronlarni metalldan yana chiqib ketishiga qarshilik ko'rsatadi va sistemada muvozanat qaror topadi.

2. Qo'sh elektr qavat hosil bo'lishining ikkinchi mexanizmi qattiq faza tarkibiga kirmaydigan ionlarning fazalararo sirtga tanlanib adsorbsiyalanishidan iborat. Bunda sistemaga aralashib qolgan qo'shimcha moddalar tarkibidagi ionlar adsorbsiyalanadi. *Masalan,* metall-suv sistemasiga osh tuzining eritmasi qo'shilsa, metall sirtiga xlorid ionlari tanlanib adsorbsiyalanadi. Buning natijasida metall sirtida *ortiqcha manfiy zaryad (xlorid ionlari qavati)* va eritmaning metall sirtiga yaqin joyida *natriy ionlaridan* iborat *musbat zaryad qavati* hosil bo'ladi. Ya'ni, **QEQ** zarracha yuzasiga bir xil zaryadli ionlarning adsorbsiyalanishi hisobiga yuzaga keladi, qarshi ionlar esa elektrostatik tortishish kuchlari hisobiga unga yaqin joyga joylashadi.

3. Qo'sh elektr qavat hosil bo'lishining uchinchi mexanizmi: ikki fazadan iborat bo'lgan sistemaga **ionlarga ajralmaydigan modda** qo'shilsa, u fazalar chegarasiga adsorbsiyalana olmaydi. Bunday hollarda fazalarni tashkil qilgan moddalar tarkibidagi *qutbli molekulalar* o'z vaziyatini biror bir faza tomon o'zgartirib, *chegara sirtga manfiy yoki musbat ishorali zaryad beradi.* Ayni fazaning zaryad ishorasi **M.Kyon** qoidasiga muvofiq aniqlanadi:

bir-biriga tegib turgan ikki fazadan qaysi birining dielektrik singdiruvchanlik katta bo'lsa, o'sha faza musbat zaryadlanadi.

Agar suv bilan qattiq jism sistemasini oladigan bo'lsak, u holda suvning dielektrik konstantasi (*ya'ni dielektirik sindiruvchanligi*) katta bo'lgani uchun

($\epsilon=81$), bu sistemada hosil bo'lgan qo'sh elektr qavatda suvga tushirilgan qattiq modda sirti manfiy zaryadga, suv sirti esa musbat zaryadga ega bo'ladi.

Xulosa qilib aytganda, dispers sistemalarning zarrachalari elektr zaryadiga ega.

5.7§ DISPERS SISTEMALARNING ELEKTROKINETIK XOSSALARI

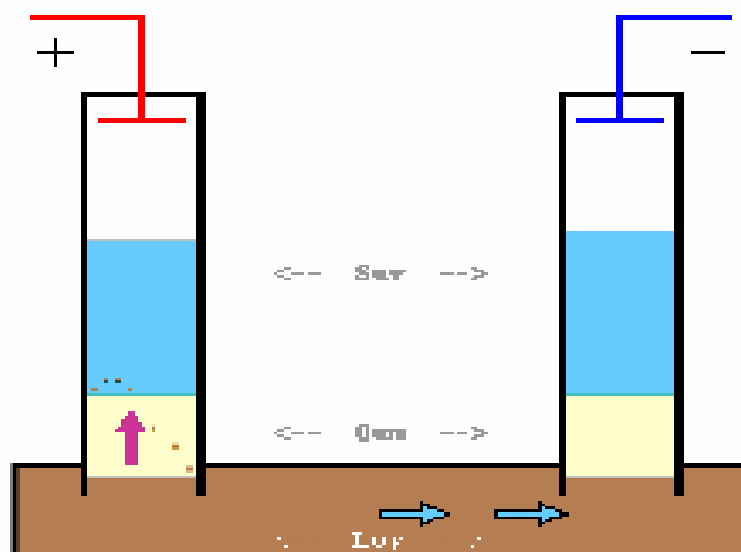
Dispers faza zarrachalarini elektr maydonida dispersion muhitga nisbatan harakatlanishi yoki dispersion muhitni dispers fazaga nisbatan harakatlanishidan elektrod potensialini hosil bo'lishi elektrokinetik hodisalar deyiladi.

Elektroforez, elektroosmos, cho'kish va oqish potentsiallari elektrokinetik hodisalaridir. Bu hodisalar kolloid dispers sistemalarda qo'sh elektr qavatining mavjudligini namoyon qiladi.

Elektrokinetik hodisalar dispers sistemalarning elektrik va kinetik xossalarini bir-biriga bog'liqligidan kelib chiqadi.

Kolloid zarrachalar ma'lum zaryadga ega bo'lganligi uchun kolloid eritmaga tashqaridan elektr toki berilganda zarrachalar biror elektrod tomon harakat qiladi, ya'ni *manfiy zarracha musbat elektrodga, musbat zarracha manfiy elektrodga tomon boradi*.

Bu xodisani birinchi bo'lib 1807 yilda Moskva universitetining professori **F.F. Reys** tajriba (5.5-rasm) asosida o'rgangan.



5.5-rasm. Reys tajribasining sxemasi

Reys tajribada – loy bo‘lagiga 2 ta toza shisha nay o‘rnatib, ustiga yuvilgan toza qum va bir xil balandlikda suv solgan. Naylarning biriga (+) elektrod, ikkinchisiga (-) elektrod tushirib, tok ulagan. Ma’lum vaqtdan so‘ng elektr maydoni ta’sirida loy zarrachalari, **sathdan uzilib chiqib**, qum orqali **musbat qutbga** qarab harakatlanishi natijasida anodda loyqalanish hosil bo‘lgan. **Demak, loy zarrachalari manfiy zaryadlangan ekan.**

Dispers faza zarrachalarining tashqi elektr maydon ta’sirida qarama–qarshi zaryadlangan elektrodlarga harakatlanishi **elektroforez** yoki katofores deyiladi.

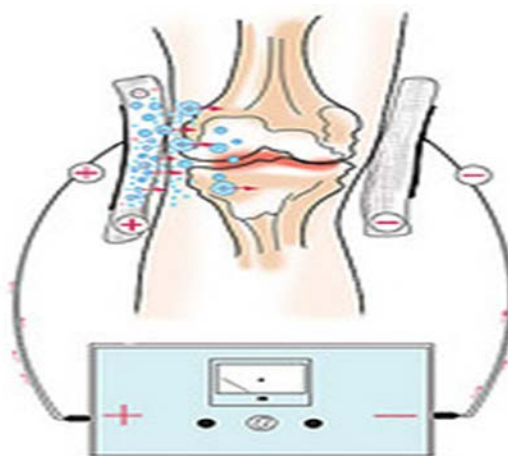
Zarrachalarning elektr maydonidan o‘tish tezligi berilgan tokning kuchiga va loyning elektr o‘tkazuvchanligiga to‘g‘ri proporsional bo‘lib, loyning qovushoqligiga esa teskari proporsionaldir.

Demak, *musbat elektrod* tushirilgan nayda suspenziya hosil bo‘la boshlaydi. Lekin shu bilan bir vaqtda **manfiy elektrod** tushirilgan nayda (*katodda*) suv sathi ko‘tarilgan; musbat elektrod tushirilgan naydagi *suvning kamayib borishi*, **suvni musbat zaryadga ega** ekanligidan dalolat beradi.

Elektroforezda kolloid zarrachalar harakatchan faza hisoblanadi, elektrolit esa qo‘zg‘almas muhit hisoblanadi. **Kolloid zarrachalarninig zaryadini aniqlashda asosan elektroforez usulidan foydalaniladi.**¹

Kolloid eritmalar elektr maydoniga ulanganda kolloid zarrachalar harakat qiladi. Zarrachalarning elektrodlar yaqinida yig‘ilishi uning zaryadi to‘g‘risida fikr yuritishga imkon beradi. Zarrachaning zaryadi musbat hisoblanadi, qachonki zarrachalar manfiy elektrod atrofida yig‘ilsa va aksincha.

(elektroforezning turmushda qo‘llanilishiga misol)



¹Terence Cosgrove. ColloidScience:Principles, methods and applications, 2010. P. 31-32.

Dispers muhitning (suyuqlikning) tashqi elektr maydoni ta'sirida *qo'zg'almas dispers fazaga nisbatan* g'ovak jism orqali elektrodlar tomon siljishi **elektroosmos** deyiladi.

Elektroosmosda qumning zarrachalari loynikiga qaraganda ancha og'ir bo'lgani uchun elektr maydonida ular harakat qila olmaydi, balki qum qavatlarida hosil bo'lgan *kapillyarlar orqali* manfiy elektrod tomon *musbat zaryadlangan suyuqlik harakat qiladi*. Shuning uchun ham manfiy zaryadli elektrod tushirilgan tutash idishdagi suvning ustuni balandga ko'tariladi.

Elektrokinetik hodisalar – geologiya, tuproqshunoslik, agrotexnika va texnikaning turli sohalarida keng qo'llaniladi. Masalan, ular *suspenziyalarni suvdan tozalashda, yog'och va torfni quritishda, toza kaolin xosil qilishda, mashinalar detallarini bo'yashda ahamiyatga ega*.

Demak, elektroforez va elektroosmos hodisalaridan foydalanib kolloid zarrachalarning zaryad ishoralari aniqlanadi.

Elektroosmos yo'nalishiga qarab suyuqlikning zaryad ishorasini aniqlash mumkin. Rus olimlari **I.Jukov** va **B.Nikolskiy** elektroosmos hodisasidan foydalanib suvni tozalash usulini topdilar.

Barcha elektrokinetik hodisalar qattiq va suyuq faza chegarasida **QEQ** hosil bo'lishi tufayli sodir bo'ladi. Bular ichida *eng ahamiyatlisi elektroforezdir*.

Elektroforezning **chiziqli tezligi** quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\mathcal{J} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E \cdot \xi}{\eta} \quad (5.10)$$

ε – muhitning dielektrik doimiyligi, ε_0 – elektrik doimiylik $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$. SGS sistemada ε_0 ning qiymati 1ga teng. η – suyuqlikning qovushqoqlik, ξ – dzeta (elektrokinetik) potensial, E – berilgan potentsiallar ayirmasi.

Elektroforez usulidan foydalanib dzetapotensial qiymatini aniqlash mumkin:

$$\xi = \frac{K \cdot \pi \cdot \eta \cdot \mathcal{J} \cdot \ell}{\varepsilon \cdot E} \quad (5.11)$$

bu yerda

ℓ – ikki elektrod oralig‘i, K – zarracha shakliga bog‘liq doimiylik ($K=4$ silindrik shakldagi zarrachalar uchun; $K=6$ sferik zarrachalar uchun).

Bu tenglama **Gelmgols – Smoluxovski** tenglamasi deb ataladi.

Silindrik shakldagi zarrachalarning dzeta-potensialini aniqlash uchun

$\zeta = \frac{4\pi\eta\vartheta}{\varepsilon H}$ formuladan yoki sferik shakldagi zarrachalar uchun $\zeta = \frac{6\pi\eta\vartheta}{\varepsilon H}$ dan

foydalaniladi. Bu yerda $H=E/\ell$ (E – potensiallar ayirmasi; ℓ – elektrodlararo masofa, η – qovushqoqlik ***Pa·sek*** hisobida; ***1Pa·sek=10 puaz***).

ξ -potensial adsorbsion va diffuzion qavat orasidagi siljish natijasida hosil bo‘ladi. Qo‘sh elektr qavat qalinligi qancha katta bo‘lsa ξ -potensial ham shuncha katta bo‘ladi, zarracha elektr zaryadi ham katta bo‘ladi. Shuning uchun dzeta potensial kolloid sistemalarni **barqarorlik mezoni**, yoki koagulyatsiyaga qarshilik mezoni deb qoraladi.

Ko‘pgina kolloid eritmalarni tekshirish natijasida **kolloid zarrachalarining zaryadi** zolning tabiatiga bog‘likligi aniqlandi. Metall oksidlari va gidroksidlarning zollari **musbat zaryadli**, kumush, oltin, platina, oltingugurt, metall sulfid va silikat kislota zollari **manfiy zaryadli bo‘ladi**.

Kolloid zarrachalar zaryadining ishorasi zolning qanday usulda olinishiga ham bog‘liq. *Kolloid zarrachalar zaryadning ishorasi qanday bo‘lishidan qat’iy nazar*, **kolloid eritma elektroneytral bo‘ladi**; kolloid zarrachalarning zaryadi eritma ichidagi qarshi ionlarning zaryadi bilan muvozanatlashib turadi.

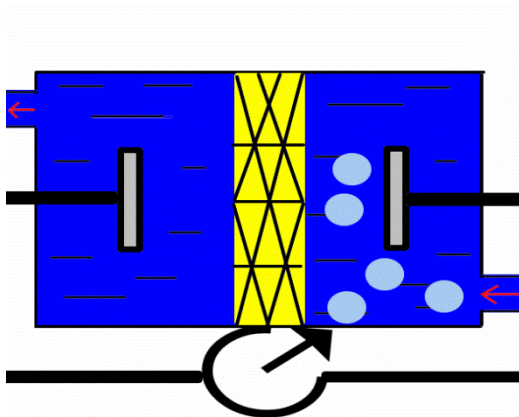
5.8§ CHO‘KISH VA OQIB CHIQISH POTENSIALLARI

Dispers sistemalarda uchraydigan **elektrokinetik hodisalar** jumlasiga elektroforez va elektroosmosdan tashqari yana quyidagi ikki hodisani kiritish mumkin:

1. oqib chiqish

2. cho‘kish potensiallari

1859 yilda **G.I. Kvinke** suyuqlik bosim ta'siri ostida g'ovak diafragmadan oqib o'tishi natijasida, suyuqlikning diafragmadan chiqish joyida **potensiallar farqi** (u suyuqlikning keyingi oqishi chiqishiga xalaqit beradi) yuzaga kelishini aniqladi va uni **oqib chiqish potentsiali deb atadi**. Bu hodisa elektroosmosga teskari hodisa bo'lib, **oqib chiqish effekti** yoki **Kvinke effekti** deb ataldi.



5.6-rasm. Kvinke effekti

Diafragma – loy, qum, yog'och yoki grafit bo'lishi mumkin.

Elektroosmos tashqi elektr maydon tufayli yuzaga chiqadi; «oqib chiqish potentsiali» esa bosim ostidagi suyuqlik harakati tufayli hosil bo'ladigan elektrpotensialdir.

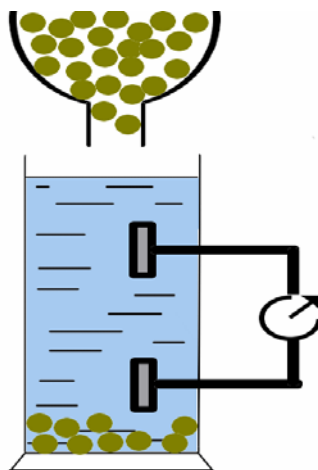
Kolloidlarda oqib chiqish potentsiali bilan qo'sh elektr qavatning tuzilishi orasida ma'lum bog'lanish bor - qo'sh elektr qavatning diffuzion qismida ionlar konsentratsiyasi qancha katta (*boshqacha aytganda, dzeta potentsial qancha katta*) bo'lsa, oqib chiqish potentsialining qiymati xam shuncha katta bo'ladi. **Oqib chiqish potentsialining qiymati tashqaridan beriladigan bosim kattaligiga proporsional bo'ladi:**

$$E_{oq.chiq.} = \frac{P\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \zeta}{\eta \cdot K} \quad (5.12)$$

Bu erda

$E_{oq.chiq.}$ – oqib chiqish potentsiali (**volt**), P – suyuqlikni harakatga keltiruvchi bosim (N/m^2), K – kapillyarlarni to'ldiruvchi suyuqlikning solishtirima elektr o'tkazuvchan-ligi ($om^{-1} \cdot sm^{-1}$), ε_0 – dielektrik konstanta $= 8,854 \cdot 10^{-12} f/m$.

Elektroforezga teskari bo'lgan hodisa – bu **cho'kish potensialidir**. 1878 yilda **R.Dorn** kashf etgan bo'lib, uning tekshirishicha kvars suspenziyasi zarrachalari og'irlik kuchi ta'sirida eritmadan cho'kkanida idishning har xil balandliklari orasida, ya'ni qattiq faza bilan suyuqlik chegarasida *potensiallar farqi* hosil bo'ladi. Bu cho'kish potensial bo'lib, **Dorn (sedimentatsiya) effekti** deb ataladi.



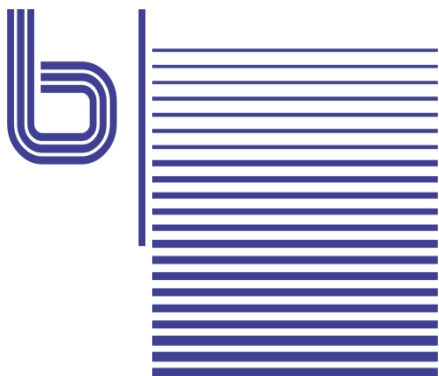
5.7-rasm. **Dorn (sedimentatsiya) effekti**

Elektroforezda elektr maydoni ta'sirida qattiq jism zarrachalari harkatlangan bo'lsa, cho'kish potensial yuzaga chiqishida fazalarning bir-biriga nisbatan harakati natijasida *elektrpotensial hosil bo'ladi*;

Elektrokinetik hodisalar kolloid kimyoning o'zida ham katta rol o'ynaydi. Kolloid sistemaning *dzeta-potensial* kattaligi ayni sistemaning agregativ barqarorligi uchun xarakteristika bo'la oladi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Qo'sh elektr qavatining kelib chiqish sabablari.
2. Reys tajribasi.
3. Elektroforez va elektroosmos hodisalari.
4. Dzeta – potensial nima?
5. Elektroforez va elektroosmos hodisalarining ahamiyati.
6. Cho'kish potensial deb nimaga aytiladi?
7. Dorn effekti.
8. Oqib chiqish potensial nima?



QO'SH ELEKTR QAVAT (QEQ) TUZILISHI HAQIDAGI NAZARIYALAR

Maxsus yutilgan ionlar bo'lmagan taqdirda, fazalalaro sirtida sodir bo'ladigan elektr hodisalarni (*huddi adsorsiyadagi singari*) ortiqcha sirt energiyasining mavjudlik oqibati va fazalar orasidagi o'zaro ta'sirlarning samarasi deb qarash mumkin. Geterogen sistema o'zining sirt energiyasini kamayishiga intilishi natijasida sirt qavatdagi qutbli molekula, ion va elektronlarning harakati ma'lum yo'nalishda o'zgaradi, *masalan, ionlar kimyoviy potentsiali katta bo'lgan fazadan kimyoviy potentsiali kichik bo'lgan fazaga o'tadi*; oqibatida bir- biriga tegib turgan fazalar chegarasida kattalik jihatidan o'zaro teng, lekin qarama – qarshi ishorali zaryadlar hosil bo'ladi. Shuning uchun o'zining potentsialiga, zaryadiga va boshqa xossalari ega bo'lgan **qo'sh elektr qavat** (QEQ) vujudga keladi va muvozonat holat qaror topadi (*chunki, hosil bo'lgan potentsial ionlarning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishiga qarshilik ko'rsatadi*).

Fazalalaro elektr hodisalar ***dispers sistemalarning stabillanish, koagullanish, elektrokapillyar va elektrokinetik hamda ion almashinish*** xossalarini tushunish uchun ahamiyatga ega bo'ladigan bu jarayonlarning umumiy nazariyasi kolloid kimyo kursida chuqur bayon etiladi, ular ilm-fanning boshqa sohalarida (*masalan, elektrod jarayonlar nazariyasida, yarim o'tkazigichlar kimyosida, katalitik jarayonlar va biologiya sohalarida*) ham katta ahamiyatga ega.

Demak, QEQ kolloid zarracha yuzasiga bir xil zaryadli ionlarning tanlanib adsorbsiyalanishi hisobiga yuzaga keladi.

To'g'ridan-to'g'ri qattiq zarracha sirtiga yutilgan ion – **potensial aniqlovchi ion** deyiladi. Bu *potensial aniqlovchi ionlarning* zichligi yetarli darajada yuqori bo'lib, elektrostatik kuchlar ta'sirida qarshi ionlarni o'ziga tortadi va *qattiq zarracha-eritma* chegarasida QEQ hosil bo'ladi. Buning natijasida *qattiq zarracha-*

eritma orasida potentsiallar farqi, ya'ni *termodinamik potentsial* (ϕ) vujudga keladi. Birinchi adsorbsiyalangan, ya'ni potentsial aniqlovchi ionning zaryadi kolloid zarrachaning zaryadini va yuzaga kelgan potentsiallar farqining qiymatini belgilaydi.

Bunday qo'sh elektr qavat ichida elektrpotensialining (ϕ) qiymati xuddi *kondensatordagi* kabi (*to'g'richiziqbo'yicha*) keskin o'zgarishi lozim. (ya'ni, *sathlar chegarasida zaryadlar keskin sakrash orqali o'zgaradi*).

Qo'sh elektr qavat sirtidagi *elektr zaryad qiymati* - ϕ_s ning kattaligi yassi *kondensator* uchun topilgan quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanishi mumkin.

Bu tenglamada:

$$\phi_s = \frac{\varepsilon}{4\pi l} \cdot \phi_o$$

ε - muxitning dielektrik konstantasi, l - qarama-qarshi zaryadlar orasidagi masofa, ϕ_o –qattiq faza bilan eritma orasidagi potentsiallar ayirmasi

QEQ ni xarakterlaydigan ikkinchi potentsial – *elektrokinetik potentsial* yoki dzeta ξ -*potentsial* deb ataladi. U zarracha sirti bilan suyuqlik chegarasida ya'ni, adsorbsion va diffuzion qavat orasida yuzaga keladi. Shuning uchun *sirg'alish potentsiali* deb ham yuritiladi. Uning qiymati diffuzion qavatdagi ionlar soni bilan bog'liq. Diffuzion qavat qancha qalin bo'lsa, uning qiymati shuncha yuqori bo'ladi.

ξ -potentsial termodinamik (ϕ) potentsialning ma'lum bir qismi, shuning uchun uning qiymati hamma vaqt termodinamik potentsial qiymatidan kichik bo'ladi.

Qo'sh elektr qavatning tuzilishi haqida tasavvur yaratilganiga 100 yildan oshdi. Bu davr ichida qo'sh elektr qavat tuzilishi haqidagi tasavvurlar o'zgarib bordi. Qo'sh elektr qavat hosil bo'lishi haqidagi tasavvurni dastlab **Kvinke** ilgari surdi. Qo'sh elektr qavatning tuzilisha haqida bir nechta nazariyalar yaratilgan bo'lib, ularning barchasida birinchi elektr qavati dispers faza zarrachalari sirtida joylashganligi ta'kidlanadi. Ikkinchi elektr qavati dispers muhitda joylashgan. Uning tuzilishi barcha nazariyalarda turlicha tushintiriladi.

6.1§. Qo'sh qavatning Shtern-Gui –Chepman (SGC) modeli¹

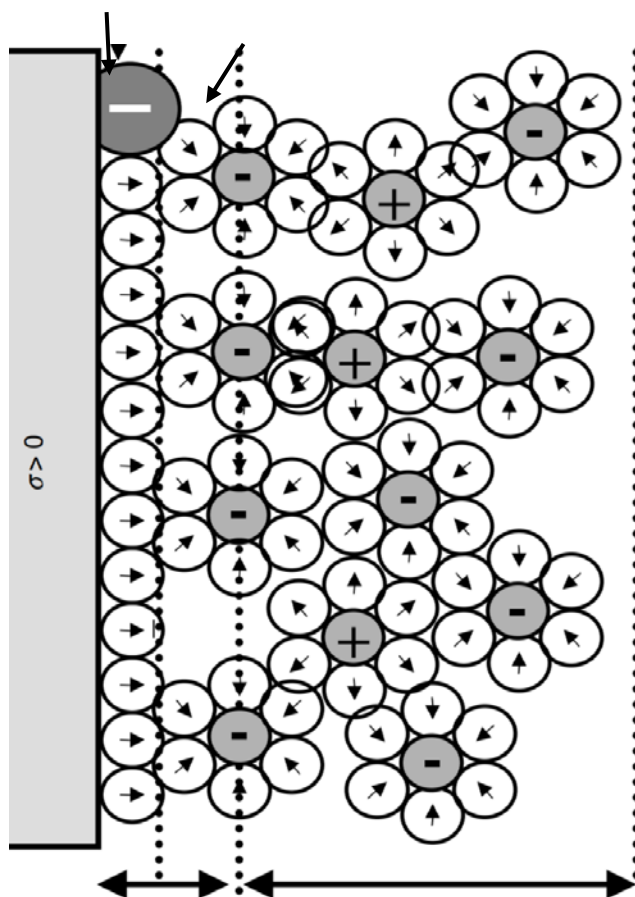
SGC modelni tutib turuvchi zaryadlangan yuzaning yaqin-atrofga ionli tarqalishining klassik izohi 6.1 - rasmda tasvirlangan.

Yutilgan anion, ichki Gelmgoltz qavati

Tashqi Gelmgoltz qavati

6.1-rasm. SGC modelga ko'ra qattiq/elektrolit faza chegarasidagi qo'sh qavat strukturasi oddiy ko'rinishi

Bu model erituvchiga dielektrik konstanta sifatida hamda ionli turlarga esa o'zaro aloqaga kirishmaydigan nutqa zaryadlari sifatida qaraydi. Yuza bilan bevosita aloqada ionli turlar bo'lmasa, yuza zaryadi Gelmgoltz qavati va diffuziya qavatlar kabi ikki aniq hududlar bo'ylab joylashgan ionlar orqali samarali qarshi balanslangan bo'ladi.



Gelmgoltz qavati ikki tekis yuzadan tashkil topadi, ular ichki va tashqi Gelmgoltz tekislik yuzalari hisoblanadi. Dastlabkisida yuza bilan bevosita aloqadagi qattiq molekulalar kabi joylashgan yutilgan turlardagi yuzalar hisoblanadi. Maxsus yutilgan turlar molekulalari yuza bilan o'zaro aloqasi orqali ta'sir etadigan qattiq qavatga ega bo'ladi.

qavat bo'ylab potensial drop tashqi Gelmgoltz qavati (σ_H) da zaryad zichligi tashqi Gelmgoltz qavati va yuza o'rtasidagi masofa orqali aniqlanadi:

¹ Terence Cosgrove. ColloidScience:Principles, methods and applications, 2010. P. 33.

$$\Delta\Phi_H = \frac{\sigma_H d_H}{\varepsilon\varepsilon_0} \quad (6.1)$$

Bunda ε erituvchining tegishli dielektrik o'tkazuvchanligi va ε_0 erkin sathning o'tkazuvchanligi hisoblanadi. Yuza va tashqi Gelmgoltz qavatidagi qarama-qarshi zaryadlar sig'im kondensatorning ikki diski sifatida ko'rilishi mumkin.

$$C_H = \frac{d_H}{\varepsilon\varepsilon_0} \quad (6.2)$$

Tashqi Gelmgoltz qavatiga kelsak, yuza zaryadi Gui – Chepmen qavati yoki diffuziya sifatida ko'riladigan dinamik ionli atmosfera orqali qarama - qarshi zaryadli ionlar orqali balanslashadi. $\Sigma_{\text{tashqi Gelmgols qavati}}$ zaryadli chegarasiz yassi diskni hisobga olganda, yuzaga perpendikulyar bo'lgan o'q bo'ylab ionli zarrachalar "i"ning konsentratsiyasi Boltzman taqsimoti shaklida izohlanishi mumkin.

$$c_i(x) = c_i(aq) \exp\left(-\frac{z_i e [\Phi(x) - \Phi(aq)]}{k_B T}\right) \quad (6.3)$$

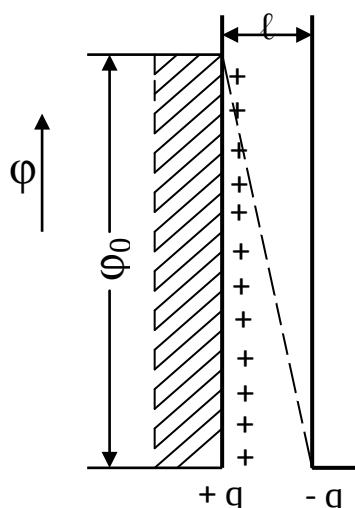
Bu yerda aq indeksi elektrolit eritmaning hajmidagi qiymatni bildiradi. z_i ionli zaryad va e esa boshlang'ich holat hisoblanadi.¹

6.2§. QO'SH ELEKTR QAVATNING TUZILISHI HAQIDA GELMGOLS VA PERREN NAZARIYASI

Qo'sh elektr qavatning tuzilishini birinchi marta **Gelmgols** va **Perren** tushuntirib berdilar. Ularning fikricha, qo'sh elektr qavat *yassi kondensatorga* o'xshab tuzilgan bo'lib, zaryadlar fazalar chegarasida ikkita qarama-qarshi zaryadlar qatori shaklida joylashgan. Qavatlardan biri qattiq jism sirtiga bevosita yopishib turadi, ikkinchisi esa (*ya'ni birinchi qavatga nisbatan qarma-qarshi zaryadli bo'lgani*) suyuqlik muhitida bo'ladi. Ikki qavat orasidagi masofa juda ham kichik bo'lib, uning o'lchami bitta yoki ikkita molekulaning raidus o'lchamiga teng bo'ladi.

Gelmgols va **Perren** qo'sh elektr qavat hosil bo'lishini quyidagicha tasavvur qilishgan:

¹Terence Cosgrove. *ColloidScience:Principles, methods and applications*, 2010. P. 35.



l - qarama-qarshi zaryadlar orasidagi masofa

ϕ_0 -qattiq faza bilan eritma orasidagi potensiallar ayirmasi

6.2-rasm. Gelmgols va Perren qo'sh elektr qavat sxemasi

Rasmning shtrixlangan qismi eritmani ifodalaydi. Rasmda $+q$ va $-q$ sirtlar orasidagi punktir chiziq elektrpotensial qiymatining o'zgarishini ko'rsatadi. Bu qiymat qattiq faza bilan eritma orasidagi potensiallar ayirmasini ham ifodalaydi. Gelmgols va Perren nazariyasining **kamchiligi** - Broun (*issiqlik*) harakati hisobga olinmagan. Undan tashqari, bu nazariyada qavatlar orasidagi masofani ular juda kichik deb tushuntirgan (*1 yoki 2 ta molekulaning radiusiga teng*). Vaholanki, keyingi tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, bu masofa ancha kattadir. Undan tashqari bu nazariyada qattiq faza va eritma orasidagi umumiy potensial **elektrokinetik potensialga** teng deb qabul qilingan. Vaxolanki, ular bir-biridan farq qilgan ekan.

6.3§. GUI VA CHEPMEN NAZARIYASI

Bu nazariyaga ko'ra, qo'sh elektr qavat hosil bo'lishida bir tomondan qarama-qarshi zaryadlarni ikki qavat shaklida yig'ishga intilgan **elektrostatik tortishish kuchi** va ikkinchi tomondan, ionlarni suyuqlik ichida tarqatuvchi **Broun (issiqlik) harakati** borligi nazarda tutilgan.

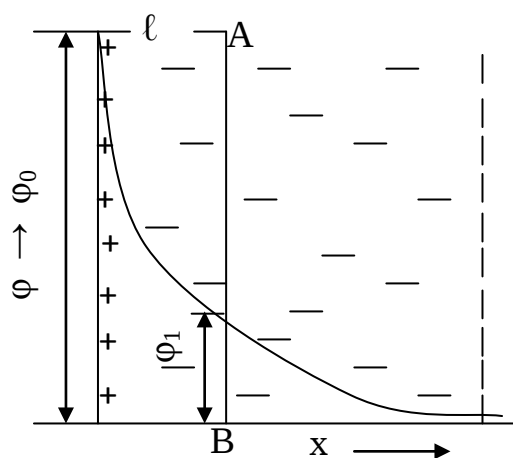
Gui va Chepmen, Gelmgols – Perren nazariyasiga qarama – qarshi o'laroq, qo'sh elektr qavat tarkibidagi *qarshi ionlar diffuz (yoyiq) tuzilishga ega deb faraz qildilar* (6.3 - rasm).

Gui va Chepmen nazariyasi Gelmgols nazariyasining bir necha kamchiliklarini bartaraf qildi. Jumladan, Gui va Chepmen nazariyasiga muvofiq, qattiq faza sirtidagi hosil bo'lgan elektr qavat o'ziga teng ekvivalent miqdorida eritmadan

qarama-qarshi ishorali zaryadlarni tortibolib, **monoionqavat** hosil qilishga intiladi, lekin suyuqlik ichidagi *issiqlik (Broun) harakati* bu ionlarni hajmga tarqatib turadi. Shu sababli qattiq fazaga bevosita yaqin joyda qarama-qarshi ionlar konsentratsiyasi eng yuqori qiymatga ega bo'ladi, qattiq faza sirtidan uzoqlashgan sari issiqlik harakati natijasida qarshi ionlar konsentratsiyasi kamayib boradi. Eritma bilan qattiq faza chegarasida qattiq fazadagi zaryadlar qavatining *elektr maydoni nihoyatda kuchli bo'ladi*: Qattiq faza sirtidan zaryadlarning uzoqlashgani sari elektr maydonining kuchi asta-sekin zaiflasha boradi, qo'sh qavatning qarshi ionlari issiqlik harakati ta'siridan ko'proq yoyila boshlaydi va nihoyat, ularning konsentratsiyasi eritma ichidagi konsentratsiyaga tenglashib qoladi. Shunday qilib, qattiq faza bilan bog'langan qarshi ionlarning muvozanat holatda turuvchi **dinamik diffuz-yoyiq qavat** vujudga keladi. *Bu diffuz qavatining qalinligi ionlarning kinetik energiyalariga bog'liq bo'lib, absolyut nolga yaqin haroratda qarshi ionlarning hammasi qattiq faza sirtiga yaqin joylashadi.*

Shunday qilib, absolyut nolga teng haroratda qo'sh elektr qavat, oldingi nazariyalarga o'xshab, yassi kondensator tuzilishiga ega bo'ladi.

Gui – Chepmen nazariyasi elektrokinetik hodisalarni yaxshi izoh qilishga imkon beradi. *Lekin, u kolloidlarning qayta zaryadlanish hodisasini, valentligi bir xil bo'lsada, tabiatlari har-xil bo'lgan anionlar ta'sirini tushuntirib beraolmadi; keyin u suyultirilgan kolloid eritmalar uchungina qo'llanilis himumkin.*



Bu rasmda Gui va Chepmen nazariyasiga muvofiq potensial Gelmgols - Perren nazariyasidagi kabi tik chiziq bo'ylab emas, aksincha egri chiziq bo'ylab pasayadi.
 l - adsorbsion qavat qalinligi
 AB - siyqalash qavat qalinligi
 x - masofa

6.3-rasm. **Gui-Chepmenning qo'sh elektr qavat sxemasi:**

Gui – Chepmen tenglamasini konsentrlangan kolloid sistemalar uchun qo'llab bo'lmadi. Bu qiyinchiliklar hammasi **O. Shtern** nazariyasida bartaraf qilingan.

6.4§. O. SHTERN NAZARIYASI

1924 yilda **O.Shtern** taklif qilgan nazariyada Gelmgols – Perren va Gui – Chepmen nazariyalari umumlashtirildi, kamchiliklari bartaraf qilindi.

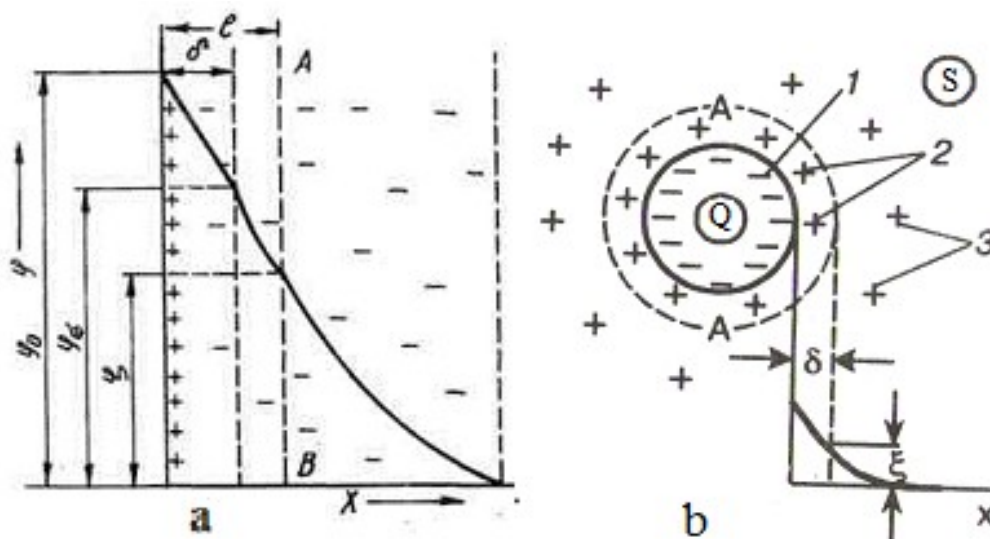
Bu nazariyani yaratishda Shtern quyidagi bayon etilgan ikki farazni oldinga suradi:

- *birinchidan*, har qanday ion o'ziga xos aniq o'lchamga ega;
- *ikkinchidan*, ionlar Van-der-Vaals kuchlari ta'sirida o'ziga xos ravishda qattiq faza sirtiga ion radiusidan kattaroq masofaga qadar yaqinlasha olmaydi, chunki Van-der-Vaals kuchlari elektrik tabiatiga ega bo'lmaganidan ularning ta'siri masofa kattalashishi bilan tezda susayib ketadi; bu kuchlar sirtdan taxminan **0,1-0,3 nm** uzoq masofalarga qadargina o'z ta'sirini ko'rsata oladi.

Shtern fikriga muvofiq, qarshi ionlarning faqat bir qismi qattiq faza yaqinida 1-2 molekula radiusiga teng masofada (u δ bilan belgilangan) Gelmgols (*yoki adsorbsion*) qavatni hosil qiladi. Sirtdagi (*ya'ni potensial belgilovchi*) ionlar zaryadini batamom kompensatsiyalash uchun zarur bo'lgan qarshi ionlarning qolgan qismi esa diffuz (*yoyiq*) tartibda joylashadi (6.4-rasm). Shtern diagrammasining bu qismi Gui – Chepmen diagrammasidagi kabi bo'ladi.

Shunday qilib, qo'sh elektr qavatning tuzilishi qattiq faza sirtida zaryadning hosil bo'lish mexanizmiga emas, balki zaryadlarning sirtda joylashishiga bog'liq ekanligini ko'ramiz.

Shtern taklif qilgan qo'sh elektr qavatning tuzilish sxemasi 6.4-rasmda keltirilgan.



6.4-rasm. O. Shternning qo'sh elektr qavat sxemasi

a- yassi sirt yuzasidagi; b-dispers faza sirti (S-suyuqlik, Q-qattiq dispers faza zarrachasi).

AB - siyqalash chegarasi, ℓ – adsorbsion qavat qalinligi, δ – adsorbsion qavatning qalinligi (bir-ikki molekula diametriga teng tekis kondensator sirlari orasidagi masofa);

1 – dispers faza sirtidagi elektr qavati ionlari, 2 – adsorbsion qavatdagi qarshi ionlar, 3 – diffuzion qavatdagi qarshi ionlar.

Bu erda φ_0 -qattiq faza sirtidagi barcha ionlar potentsiali, φ_δ -Gelmgols qavati ichida φ_0 ning pasayishi, $(\varphi_0 - \varphi_\delta)$ esa φ_0 ning diffuz qavati ichida pasayishi, binobarin:

$$\varphi_0 = \varphi_\delta + (\varphi_0 - \varphi_\delta)$$

Eritma suyultirilganda diffuz qavat kengayib φ -potensial kattalashadi, *elektrolit ko'shilganda diffuz qavat torayadi*, φ_0 -potensial kichiklashadi.

Shtern nazariyasi kolloid zarrachalarining qayta zaryadlanish hodisasini tushintirib berdi, Shtern fikricha, qo'sh elektr qavatning tuzilishiga qarshi ionlar tabiati katta ta'sir ko'rsatadi. **Agar eritmaga elektrolit qo'shilsa**, diffuz qavat qisqarib, qarshi ionlar *adsorbsiya qavatga* ko'proq yig'ila boshlaydi, buning natijasida qo'sh elektr qavat Gelmgols – Perren sxemasiga yaqin tuzilishga ega bo'lib qoladi, bunda dzeta – potnetsial qiymati kamayadi. Agar eritma suyultirilsa diffuz qavat aksincha kattalashadi va dzeta – potentsial qiymati ham ortadi.

Qo'sh elektr qavat tuzilishiga qarshi ionlarning xilma-hil valentlikka ega ekanliklari ham ta'sir ko'rsatadi, chunki, diffuz qavatning qalinligi va adsorbsiya qavatidagi qarshi ionlar soni ularning valentligiga bog'liqdir.

Binobarin, qarshi ionning valentligi qancha katta bo'lsa, diffuz qavat shuncha yupqa va dzeta-potensial shu qadar kichik qiymatga ega bo'ladi. Lekin, ionlarning valentligi bir hil bo'lsa, u holda qo'sh qavatining tuzilishiga bu ionlarning *qutblanish va gidratlanish xossalari* o'z ta'sirini ko'rsatadi. Qutblanuvchi qarshi ionlar qo'shimcha adsorbsion kuchlarni hosil qilishi sababli qo'sh elektr qavat ko'proq kichiklashadi.

Anionlar kationlarga nisbatan katta radiusga ega bo'lganligi uchun ular ko'proq qutblanadi. Masalan, Na^+ ning radiusi (0,096 nm) Cl^- ion radiusidan (0,81 nm) ancha kichik, shunga ko'ra Na^+ kationining qutblanuvchanligi $\alpha = 0,19 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3$; Cl^- anioni qiymati $\alpha = 3,6 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3$. Shu sababdan anionlar qattiq fazaga ko'proq adsorbilanadi. Darhaqiqat, tabiatda uchraydigan juda ko'p qattiq jismlarning sirti manfiy zaryadga ega bo'ladi.

Ionning radiusi kattalashgan sari uning *gidratlanish xususiyatlari* pasayadi. Kam gidratlangan ion qo'sh elektr qavat qalinligini ko'proq qisqartiradi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Qo'sh elektr qavatning kelib chiqish sabablari.
2. Qo'sh elektr qavat tuzilishini Gelmgols - Perren qanday izohlagan?
3. Qo'sh elektr qavat tuzilishi haqidagi Gui - Chepmen nazariyasi.
4. Elektrokinetik potensial nima?
5. Termodinamik potensial va elektrokinetik potensial orasidagi farq?
6. Shtern nazariyasining asosi.
7. Qo'sh elektr qavatning tuzilishiga ko'p valentli ionlar qanday tasir ko'rsatadi?
8. Kolloid sistemalar suyultirilganda dzeta-potensial qiymati qanday o'zgaradi?

6.5§. KOLLOID ZARRACHALARNING TUZILISHI HAQIDA MISELLYAR NAZARIYA

Rus olimlari A.V. Dumanskiy, N.P. Peskov, S.M. Lipatov, A.N. Frumkin hamda chet ellik olimlar K.Fayans, G.R. Kroytlar qo'sh elektr qavat nazariyalari asosida kolloid zarrachalarning tuzilishi haqida *mitsellyar* nazariya yaratishga muvaffaq bo'ldilar. Dastlab bu nazariyani kolloid kimyoda o'rganiladigan barcha obektlar (shu jumladan, *lioofil zollar*) uchun tatbiq etish mumkin, deb faraz qilindi. Lekin keyinchalik olib borilgan tekshirishlar mitsellyar nazariyaning faqat *liofob kolloidlarga* taalluqli ekanligini aniq ko'rsatdi. Liofil zollar, ya'ni yuqori molekulali va polimer moddalarning eritmaları tamomila boshqa tuzilishga ega ekanligi aniqlandi.

Umum etirof etilgan mitsellyar nazariyaga muvofiq, har qanday liofob (*gidrofob*) kolloid eritma (*zol*) ikki qismdan iborat:

1) *Mitsella*

2) *Intermitsellyar (ya'ni mitsellalararo) suyuqlik.*

Mitsellalar alohida kolloid zarrachalar bo'lib, ular qo'sh elektr qavat bilan o'ralgan dispers fazani tashkil etadi. **Intermitsellyar** (*mitsellalararo suyuqlik, yani u mitsellalarni ajratib turadi*) **suyuqlik** esa o'sha zolning dispersion muhitidan iborat. Uning tarkibida dispers muhitdan tashqari yana boshqa erigan moddalar (*elektrolit va elektrolitmaslar, mitsella tarkibida uchramaydigan birikmalar*) mavjud bo'lib, ular kolloid sistema uchun stabilizator vazifasini bajaradi.

Liofob zollarning dispers faza zarrachalarining tuzulishi olinish sharoitiga bog'liq bo'lib, oddiy molekulalarga qaraganda ancha murakkab tuzilishga ega. Mitsellaning agregati juda ko'p atom yoki molekulalardan tarkib topgan neytral modda bo'lib, uni tarkibida bor birorta adsorbsiyalangan ionlar qurshab turadi. Qarama-qarshi ionlar dispersion muhitda ikkinchi elektr qavatni hosil qiladi.

Yuqorida takidlanganidek, liofob kolloid eritma tarkibidagi elektrolit ionlari zolni barqaror qilib turadi. Shuning uchun ham ular *ionli stabilizatorlar* deb ataladi. Agregat va unga adsorбилangan ionlar birgalikda *yadro* deyiladi. Qarshi

ionlarning bir qismi yadroga kuchliroq tortilib, adsorbsion qavatni hosil qiladi. Yadro va adsorbsion qavat birgalikda *granula* yoki *kolloid zarracha* deyiladi. Granula ma'lum zaryadga ega bo'lgani uchun uning atrofida qarama-qarshi zaryadli ionlarning qolgan qismi yig'iladi, lekin bu ionlar zarrachaga zaifroq tortilib turadi va dispersion muhitni tashkil qiladi. Shunday qilib mitsella – granuladan va uning atrofidagi qarama-qarshi zaryadli ionlardan iborat sistemadir. Mitsella Broun harakati ta'sir etmagan sharoitda elektroneytral bo'ladi. Uni *intermitsellyar suyuqlik* qurshab turadi.

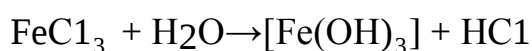
Yadro	Adsorbsion qavat	Adsorbsion qavatdagi qarshi ionlar	Diffuz qavatdagi qarshi ionlar
Kolloid zarracha (granula)			
Mitsella			

Misol tariqasida temir (III)-gidroksid zolini ko'rib chiqamiz. Bu zolni hosil qilish uchun temir (III)-xlorid eritmasi issiq holatda gidroliz qilinadi. Reaksiyani olib borishda ikki shartga rioya qilish kerak:

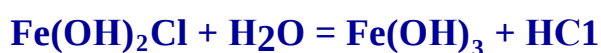
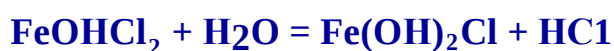
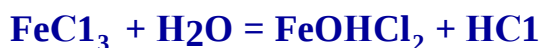
I–mayda kristallar hosil bo'lishi uchun reaksiya suyultirilgan eritmalarda o'tkaziladi,

II–qo'sh elektr qavat hosil bo'lishi uchun reaksiyaga kirishuvchi moddalardan biri mo'l miqdorda olinadi.

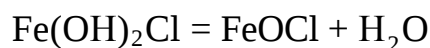
Gidroliz reaksiyasi umumiy holda quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:



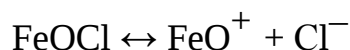
Aslida bu reaksiya bosqichma-bosqich boradi:



$\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ning sirtidagi molekulari HCl bilan reaksiyaga kirishib, ionli stabilizator – FeOCl molekularini hosil qiladi:



FeOCl molekulari dissotsiyalanib, FeO^+ va Cl^- ionlarni hosil qiladi:



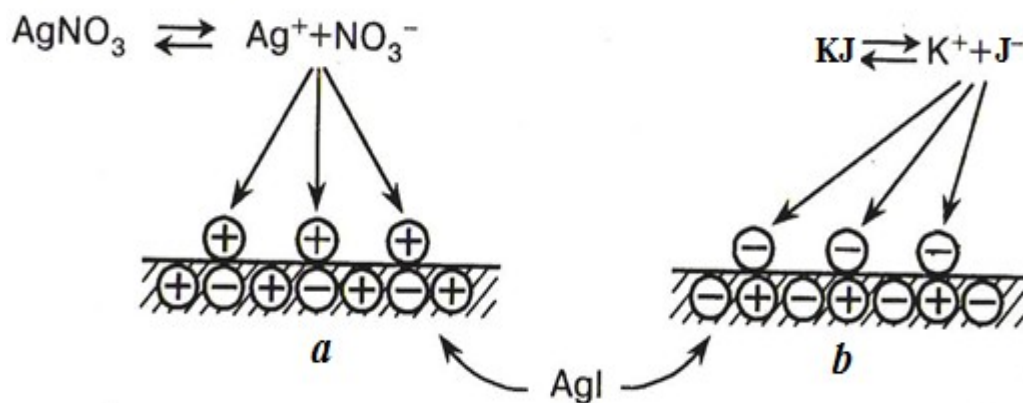
Tarkibi jihatidan kolloid yadro tarkibiga yaqin bo'lgan ionlar kolloid zarrachalar sirtiga adsorbsionlanadi degan empirik qoidadan foydalanib, temir (III)-gidroksid zolining tuzilishini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$n\text{Fe}(\text{OH})_3$ Agregat	$m\text{FeO}^+$ Adsorbsion qavat	$(m-x)\text{Cl}^-$ adsorbsion qavatdagi qarshi ionlar	$x\text{Cl}^-$ diffuz qavatdagi qarshi ionlar
Kolloid zarracha (granula)			
M I T S E L L A			

Temir (III)-gidroksid zolidagi yadro $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan, granula $\text{Fe}(\text{OH})_3$ va uning sirtiga adsorbsionlangan FeO^+ va qisman Cl^- ionlardan iborat bo'lib, bu zarracha musbat zaryadga ega ekanligi sxemadan ko'rinib turibdi. Granulada musbat zaryadlar Cl^- ionlari bilan neytrallangan emas, shuning uchun Cl^- ionlar granulani qurshab oladi, natijada tamomila neytral mitsella hosil bo'ladi.

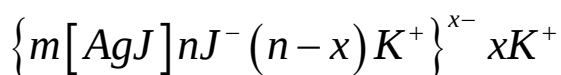
Endi **AgJ** zolining tuzilishi bilan tanishib chiqaylik. Agar AgNO_3 ning suyultirilgan eritmasiga ortiqcha miqdorda KJ qo'shilsa, ionli stabilizator vazifasini KJ o'taydi va granula manfiy zaryadlanadi, chunki bu vaqtda J^- ionlari adsorbsionlanadi (6.5-rasm, b). Bunda kolloid zarrachalarning qiyin eriydigan *mikrokristallari* hosil bo'ladi va tarkibida **m** molekula **AgJ** bo'ladi. Bu mikrokristallar *agregatlar* deb ataladi. Shu hosil bo'lgan agregatlarning sirtida **n** miqdordagi J^- ionlari adsorbsionlanishi natijasida *manfiy zaryadlangan qavat* hosil bo'ladi. Bunda yod ionlari *potensial aniqlovchi ionlar* bo'lib qoladi.

Hosil bo'lgan agregat shu yodning potensial hosil qiluvchi ionlari bilan birgalikda qattiq fazaning zarrachasi bo'lib “yadro” deb ataladi. Elektrostatik kuchlar ta'sirida shu yadroga, yadroning zaryadlarini kompensatsiya (yoki to'ldirish uchun) qilish uchun n miqdorda qarshi ishorali ionlar (qarshi ionlar) tortiladi.



6.5-rasm. AgJ kristalli sirtiga potensial aniqlovchi ionlarni tanlanib adsorbsiyalanishi

Bunday paytda bu vazifani K^+ ionlari bajaradi. Bir qism $(n-x)$ qarshi ionlar, yadroga juda yaqin joylashgan bo'ladi va u suyuqlikning qavatida bo'lib, suyuqlik qattiq yadroning sirtini ho'llab turadi. Bu ionlarga na faqat elektrostatik kuchlar, balki yadroning Van-der-Vals kuchlari ham ta'sir qilib turadi. Shuning uchun bu qism qarshi ionlar yadro atrofida qattiq ushlanib, qarshi ionlarni adsorbsion qavatini hosil qiladi. Qolgan x miqdordagi qarshi ionlar yadro bilan kuchsiz, ya'ni faqat elektrostatik kuchlar orqali bog'langan. Bu ionlar issiqlik harakati ta'sirida suyuqlik orasida betartib (*diffuz*) joylashgan bo'lib, *diffuzion qavatini* tashkil etadi.



Agar $AgNO_3$ ortiqcha bo'lsa, ionli stabilizator vazifasini $AgNO_3$ bajaradi, granula musbat zaryadli bo'ladi (6.5-rasm, a), bu sistemada:

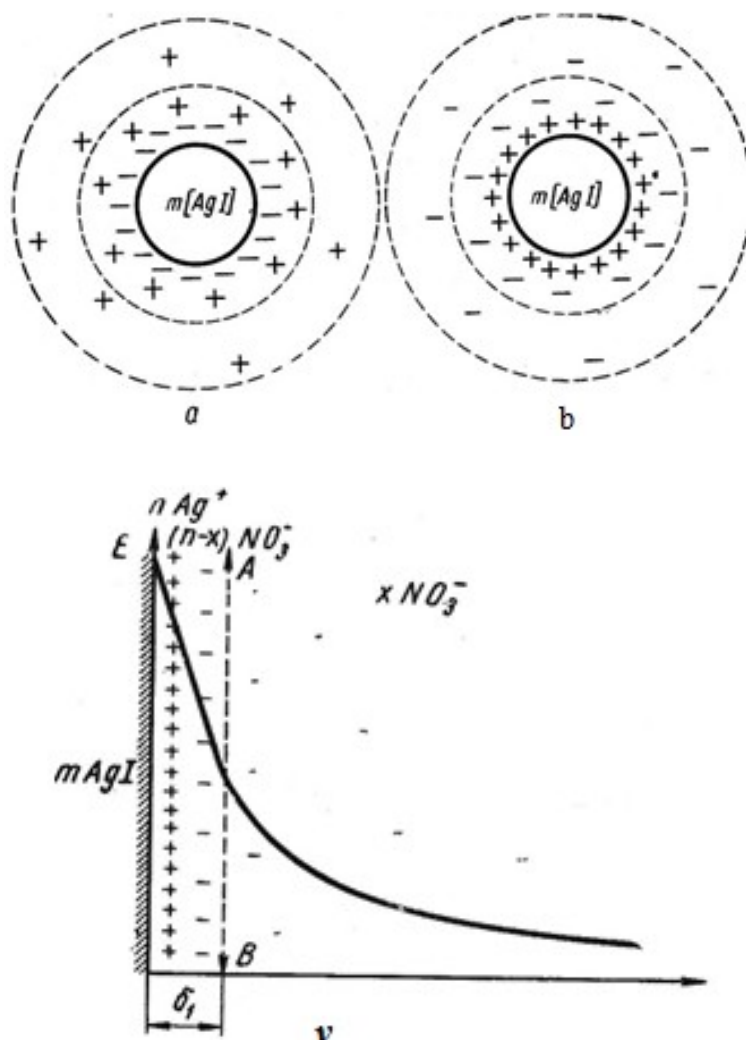
$m[AgJ]$ – yadro

$m[AgJ]nAg^+$ – agregat

xNO_3^- – diffuzion qavat

$\{m[AgJ] nAg^+ (n-x) NO_3^-\}^{x+}$ – kolloid zarracha (granula)

$\{m[AgJ] nAg^+ (n-x) NO_3^-\}^{x+} xNO_3^-$ –mitsella



6.6-rasm. AgJ zolining mitsella tuzilishi: a) manfiy zaryadli kolloid zarracha, b) musbat zaryadli kolloid zarracha, v- mitsellada zaryadlarni va potensialni taqsimlanishi

m, **n** va **x** larning qiymati har xil bo‘lishi mumkin. Bularning qiymatini o‘zgarishi zollarning olinish usullariga bog‘liq. Odatda har doim $m \geq n$.

Kolloid zarracha bilan diffuzion qavat o‘rtasidagi chegara – **sirg‘anish chegarasi** (yoki **sirti**) deb ataladi. Keltirilgan formulada adsorbsion qavat bilan diffuzion qavat o‘rtadagi keltirilgan katta qovusga to‘g‘ri keladi.

Sirg'anish chegarasi shunday geometrik yuzani bildiradiki, u qaysiki brown harakati natijasida mitsellaning kolloid zarracha bilan diffuzion qavatining uzilishi (*ajralishi*) natijasida hosil bo'ladi.

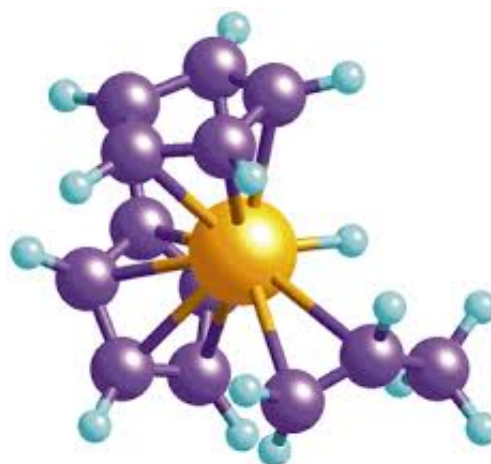
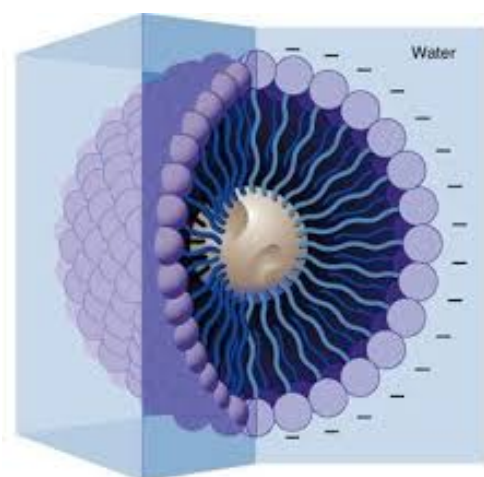
6.6§. MITSELLA YADROLARINING TUZILISHI TO'G'RSIDAGI FIKRLAR

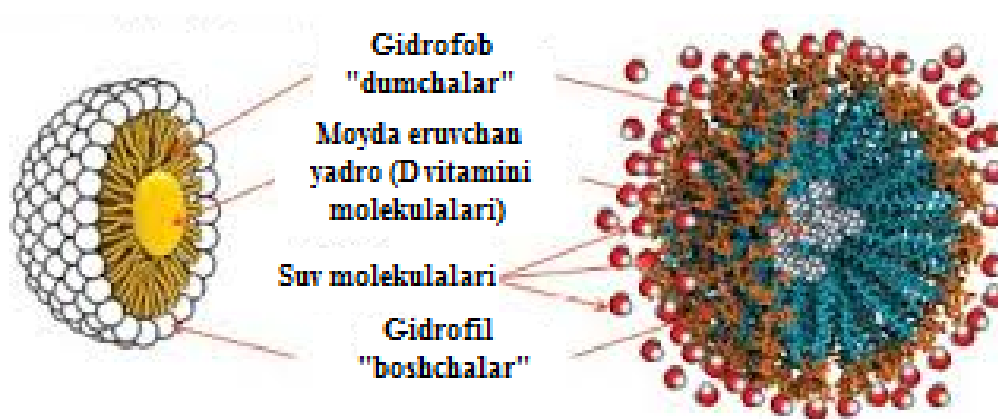
1953 yilda V.A. Kargin va Z.Y. Berestneva mitsellalarning yadrolari *kristall moddalardan* tuzilganligini aniqladilar. *Ularning nazariyalariga binoan kolloid zarracha hosil bo'lishi ikki basqichda boradi:*

1) dastlab sharsimon amorf kolloid zarrachalar hosil bo'ladi, so'ngra

2).kolloid sistemaning eskirishi davomida bu zarrachalar ichida mayda kristallchalar vujudga keladi. Natijada amorf zarracha ichida ma'lum kuchlanish paydo bo'lib, zarracha kristallanadi.

Kristallanish jarayoni turli kolloid sistemalarda turlicha tezlik bilan boradi. V.A. Kargin va Z.Y. Berestneva olgan natijalarga ko'ra, kristallanish jarayoni oltin zolida (xona haroratida) zol tayyorlanganidan 5 minutdan keyin, vanadiy (V)-oksid zolida 1 soatdan keyin, alyuminiy gidroksid zolida taxminan 1 sutkadan keyin, silikat kislota zolida taxminan 2 yildan keyin tamom bo'ladi.





6.7-rasm. Mitsella yadrosining tuzilishi

6.7§. KOLLOID ERITMALARNING ELEKTR O‘TKAZUVCHANLIGI

Kolloid eritmalarning elektr o‘tkazuvchanligi:

biri – *kolloid zarrachalarning harakatidan kelib chiqqan elektr o‘tkazuvchanlik,*

ikkinchisi – *kolloid eritmada ishtirok etuvchi elektrolitlar tufayli vujudga keladigan elektr o‘tkazuvchanlikdan iborat.*

Shu sababli kolloid eritmaning elektr o‘tkazuvchanligi kolloid zarrachalarning hamda zoldagi ionlarning zaryadi, soni va harakatchanligiga bog‘liq bo‘ladi. Kolloid eritmada begona ionlar nihoyatda kam bo‘lsa, (masalan, *yuqori darajada tozalangan oqsil va polielektrolitlarning kolloid eritmalarida*) elektr o‘tkazuvchanlik natijalaridan foydalanib, zarrachalarning solishtirma zaryadini yoki harakatchanligini aniqlash mumkin. Lekin bu yo‘l bilan liofob kolloidlarning elektr o‘tkazuvchanligini aniqlash qiyin.

Kolloid eritmalarning elektr o‘tkazuvchanligini yuqori chastotali elektr maydonida tekshirish orqali ularning *dielektrik xossalari* haqida fikr yuritish mumkin. Ko‘pchilik liofob kolloid eritmalarda zarrachalarning elektr zaryadlari assimetrik ravishda taqsimlanadi. Shu sababdan kolloid zarrachalar deyarli katta dipol moment qiymatiga ega bo‘ladi va elektr maydonida oriyentatsiyalanadi. Ana shunday kolloid eritmalarning dielektrik konstantasi nihoyatda katta bo‘ladi. *Masalan,* toza suv uchun $\epsilon = 81$, lekin tarkibida 1 % V_2O_5 zoli bo‘lgan eritma uchun $\epsilon = 400$. Aminokislota, oqsil, nuklein kislotalarning dielektrik konstantalari

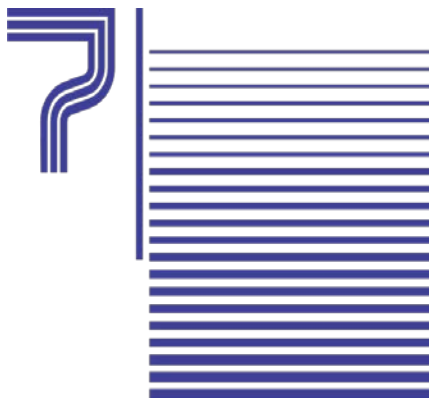
ham ancha katta, lekin ko'pchilik liofob kolloid eritmalar uchun ε ning qiymatlari kichik bo'ladi.

Elektr maydoni chastotasining keng intervalida dielektrik konstantani aniqlash natijalaridan kolloid kimyoda ko'p foydalaniladi.

Kolloid sistemalarning elektrokinetik hossalarni o'rganish katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lib, elektroforez neftni suvsizlantirishda, chinni, sopol ishlab chiqarish sanoatida, suspenziya va keramik massa tayyorlashda, latekslardan rezina buyumlar tayyorlashda hamda meditsinada ishlatiladi. Elektroosmos torfni, yog'ochni quritishda va qishloq xo'jaligida qo'llaniladi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Kolloid sistemalarni tuzilishi haqidagi mitsellyar nazariyalar.
2. Bu nazariya muvofiq gidrofob zollar qanday tuzilgan?
3. Mitsella yadrosi tuzilishi.
4. Temir (III)-gidroksidi zoli mitsella tuzilishi.
5. Mishyak (III)-sulfid zoli mitsella tuzilishi.
6. Adsorbsion qavat va diffuzion qavat tushunchalari.
7. Kumush yodid zolining musbat va manfiy ishorali mitsella tuzilishi.
8. Berlin zangorisi zolini musbat va manfiy ishorali mitsellasining tuzilishi.



LIOFOB ZOLLARNI BARQARORLIGI. KOLLOID SISTEMALARNING KOAGULYATSIYASI

7.1§. LIOFOB ZOLLARNI BARQARORLIGI

Kolloid sistema dispers fazasining solishtirma sirti katta bo'lganligi sababli sistemaning erkin sirt energiyasi ham katta bo'ladi. Shuning uchun kolloid sistemalar termodinamik jihatdan barqaror bo'lmaydi. Termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq, erkin energiya minimumga intiladi. Kolloid zarrachalar bilan suyuqlik orasidagi chegara sirt kamaygandagina kolloid sistemada erkin sirt energiyasi minimumga erisha oladi.

Dispers sistemalarni vaqt davomida o'zining dastlabki holatini (*ya'ni o'z tarkibini, dispers faza konsentratsiyasi va zarrachalarining o'lchamini*) va asosiy xossalarini saqlab turish xususiyatiga barqarorlik deyiladi.

Dispers sistemalarning barqarorligi kolloid kimyoning *asosiy muammolaridan biri hisoblanadi* va u juda katta amaliy ahamiyatga ega. Chunki, kolloid sistemalarning asosiy qismini *lioFOB kolloidlar* tashkil qiladi.

Dispers fazasi bilan dispers muhit orasida kuchsiz o'zaro ta'sir mavjud bo'lgan *lioFOB kolloid sistemalar* beqaror bo'lib, vaqt o'tishi bilan ularning disperslik darajasi o'zgaradi, ya'ni *yiriklashadi*. Yiriklashish jarayonining tezligi turli kolloid sistemalarda turlicha bo'ladi. Misol tariqasida disperslik darajasi 20-30 yil davomida o'zgarmaydigan oltin zollarini (7.1-rasm) va biror modda qo'shilganida bir necha sekund mobaynida yemirilib, kolloid holatini yo'qotadigan sistemalarni keltirish mumkin.



7.1 – rasm. 1857 yilda Faradey tomonidan olingan qizil tusli oltin zoli mana 150-160 yillardan beri barqaror holda Angliyaning Qirollik institutining muzeyida saqlanib kelinmoqda.

Liofob zollarda disperslik darajaning kamayishi ikki yo‘l bilan sodir bo‘lishi mumkin:

- biri **qayta kristallanish** natijasida mayda zarrachalarning yirik zarrachalarga birikishi yoki singish jarayoni bo‘lsa,

- ikkinchisi – dispers faza zarrachalarini molekulyar kuchlar ta’sirida o‘zaro bir-biriga yopishib yiriklashuvdir, ya’ni **koagulyasiylanishi**.

Kolloid zarrachalarining molekulyar kuchlar ta’sirida o‘zaro birikib yiriklasha borish jarayoni **koagulyatsiya** deyiladi. Yiriklashish jarayoni ba’zi kolloidlarda juda tez, ba’zilarida esa ancha uzoq vaqt davomida sodir bo‘ladi. Koagulyatsiyaga uchragan sistemada dispers faza zarrachalari suyuqlik va qattiq jismning solishtirma massalariga qarab idish tubiga cho‘kishi (*sedimentatsiya*) yoki ikkita bir-birida aralashmaydigan suyuqliklardan iborat kolloid sistemaning dispers fazasi va dispers muhitini bir-biridan ajralib qolishi - koalesensiyaga (*koatservatsiya*) uchrashi mumkin. Dispers fazasi zarrachalari og‘irlik kuchi ta’sirida sezilarli darajada cho‘kmaydigan dispers sistemalar **sedimentatsion barqaror sistemalar** deyiladi.

Demak, dispers sistemalarning *barqarorligi deganda* dispers faza zarrachalarini dispers muhitning hajmida bir xilda tarqalishi va ularning orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlarini vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmay qolishi ko‘zda tutiladi.

Sistemaning barqarorligini oshirish uchun maxsus *stabilizatorlar* ishlatiladi. Faqat shu usullardan foydalanib ko‘p materiallarni olish va ishlatish mumkin.

Jumladan, shunday yo‘llar bilan dori turlarini, aerzollarni olish va sanoatda qo‘llash mumkin.

Kolloid dispers sistemalar termodinamik beqaror bo‘lishiga qaramay, ularni ko‘p vaqt barqaror holda saqlab turish mumkin. Bunga sabab ulardagi mavjud **barqarorlik omillaridir.**

1920 yilda **N.P. Peskov** dispers sistemalarning barqarorligini 2 turga bo‘ldi, bular

- sedimentatsion (kinetik) va
- agregativ barqarorlikdir.

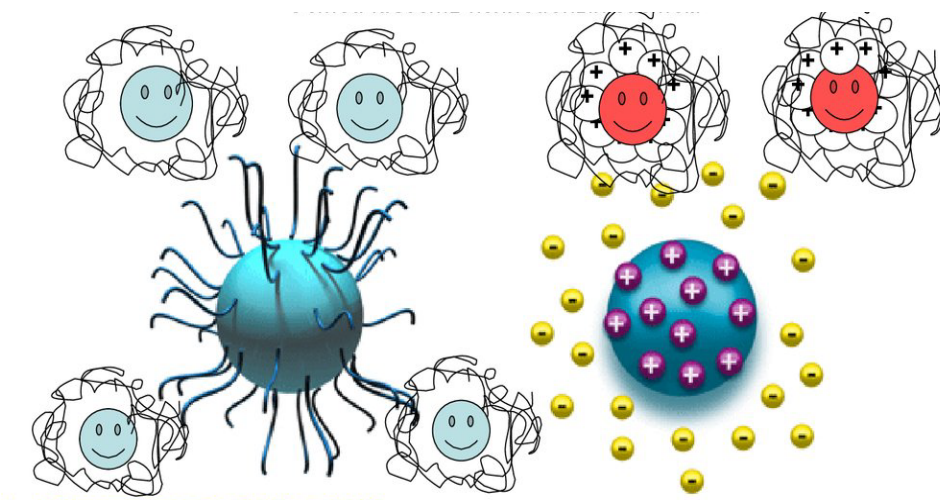
Dispers sistemalarning **agregativ barqarorligi** dispers sistemaning o‘ziga xos disperslik darajasini saqlash, ya’ni koagulyatsiyaga uchramaslik xususiyatidir.

Agregativ barorlikning sababi ikkita:

- birinchidan, kolloid zarrachalar bir xil zaryadga ega bo‘ladi;
- ikkinchidan, kolloid zarrachani erituvchining molekulalari qurshab olib, zarracha atrofida solvat qobiqlar hosil qiladi.

Sistemaning agregativ barqarorligi zol tarkibiga, uning zarrachalari tuzilishiga va kolloid eritma qanday holatda ekanligiga bog‘liq.

Agregativ barqarorlik sistemalarda *stabilizator* mavjudligi bilan xarakterlanadi. Stabilizator sifatida elektrolitlar va SFM qo‘llaniladi.



Dispers sistemaning sedimentatsion barqarorligi dispers faza zarrachalarining og'irlik kuchi (yoki markazdan qochuvchi kuch) ta'sirida dispersion muhitdan ajralmaslik qobiliyatini ko'rsatadi.

Sedimentatsion barqarorlik *disperslik darajasi, diffuziyaga hamda broun harakatiga bog'liq*. Zarrachalarning dispers muhitdan ajralib chiqish tezligi ham ularning broun harakati intensivligiga va solishtirma massasiga bog'liq.

Dag'al dispers sistemalar, masalan, suspenziya va emulsiyalarda zarrachalarning o'lchami ancha katta bo'lganligidan ular o'z-o'zicha harakat qila olmaydi, ya'ni ularda diffuziya deyarli sodir bo'lmaydi. Shuning uchun *suspenziya va emulsiyalar* sedimentatsiya jihatdan barqaror emas.

Kolloid eritmalarning disperslik darajasi yuqori bo'lganidan ularning mitsellalari o'z-o'zicha harakat qila oladi, ya'ni kolloid eritmalarida diffuziya sodir bo'ladi. Shuning uchun kolloid eritmalar sedimentatsiya jihatdan barqarordir.

Chin eritmalarida erigan modda molekulalari bilan erituvchi o'rtasida chegara sirt hosil bo'lmaydi. Shuning uchun bunday sistemalar bir jinsli (*gomogen*) bo'ladi. Ular sifat jihatidan kolloid eritmalaridan va dag'al dispers sistemalardan farq qiladi.

Sedimentatsion barqarorlikda sistemalar hajmi bo'yicha dispers fazaning zarrachalari bir tekisda tarqalgan bo'ladi, og'irlik kuchi ta'sirida cho'kmaga tushishi yoki yuzaga suzib chiqish xolatlari bo'lmaydi. Bu barqarorlikni asosiy shartlaridan biri *zarrachalarning yuqori disperslik darajasi va ularning broun harakatidir*. Agregativ barqaror bo'lgan sistema zarrachalarni bir-biriga birikishiga qarshilik ko'rsata oladi.

Bunday sistemalarni ikki sinfga bo'lish mumkin:

1) *termodinamik barqaror yoki liofil kolloidlar*, qaysiki o'z-o'zidan dispergatsiyaga uchrab stabilizatorsiz barqaror bo'la oladi. Bularga sirt aktiv moddalarning mitsellyar eritmaları, yuqori molekulyar moddalarning eritmaları va boshqalar misol bo'ladi.

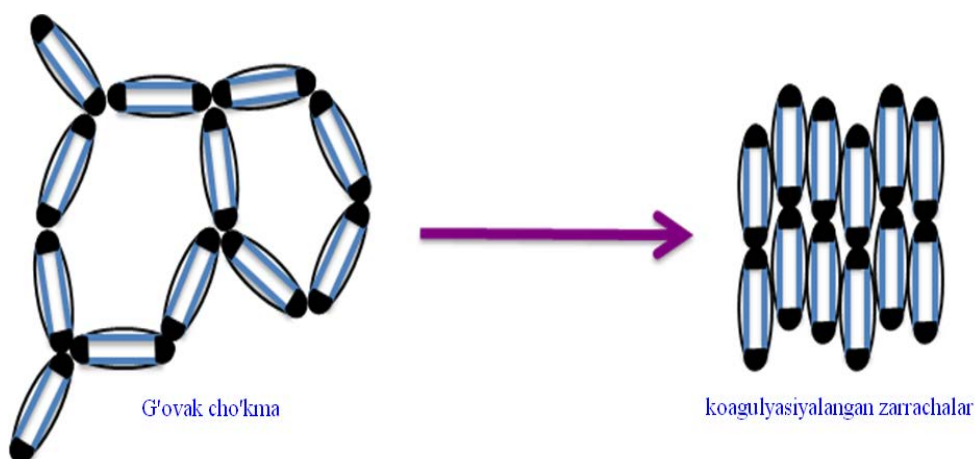
Bu sistemalarda Gibbsning erkin energiyasi kamayadi va manfiy qiymatga ega bo'ladi ($\Delta G < 0$).

2) **termodinamik beqaror yoki liofob sistemalarda** (zollar, suspenziyalar, emulsiyalar va boshqalarda). Gibbsning erkin energiyasi ortadi, ya'ni u musbat qiymatga ega bo'ladi ($\Delta G > 0$).

Sedimentatsion va agregativ barqarorlikdan tashqari yana **kondensatsion** yoki **fazoviy barqarorlik** ham ma'lum. Bu barqarorlik (*asosan sharsimon bo'lmagan zarrachalarda kuzatiladi*) konsentrlangan kolloid sistemalarda kuzatiladi.

Kondensatsion barqarorlik – dispers sistemalarni vaqt davomida (agregatsiyaga uchraganida ham) solishtirma sathini saqlab qolish qobiliyatini xarakterlaydi.

Kondensatsion barqaror sistemalar mustahkam bo'lmagan (*mo'rt*) agregatlar (*flokulalar*) yoki g'ovak cho'kmalar hosil qiladi (7.2-rasm). Bunday sistemalarda zarrachalar o'zining harakatchanlini yo'qotgan bo'lsa-da, lekin harakatga moyilligini uzoq vaqtgacha yo'qotmaydi. Bunday *mustahkam strukturali agregatlar* sharoit yaratilsa, qaytadan mayda zarrachalarga ajralib *peptizatsiyaga uchraydi*.



7.2 – rasm. **Kondensatsion barqaror kolloid sistemalar**

Demak, kondensatsion beqaror sistemalar *mustahkam strukturali agregatlar* hosil qiladi. Bunga zarrachalarni bir-biriga ta'siri, kristallizatsiya jarayonlari, zarrachalarning o'sishi va shunga o'hshash hodisalar sabab bo'ladi.

Gidrofob kolloid sistemalarning yashash vaqti juda kam bo'lib, bunday sistemalar *barqarorligini oshirish uchun har xil omillarning bo'lishi shart*.

Dispers sistemalarning agregativ barqarorlik omillari - *termodinamik* va *kinetik omillarga* bo'linadi.

Termodinamik omillarga quyidagilar kiradi:

- 1) **Elektrostatik** – bir-biridan itaradigan elektrostatik kuchlarni hosil bo'lishiga ularning zarrachalarini sirt potensial (**E**) va ayniqsa elektrokinetik (**ζ-dzeta**) potentsiali oshganda bu kuchlanish oshishiga yordam beradi.
- 2) **Adsorbsion–solvat omil** – fazalararo sirt taranglikni va sirt chegaradagi Gibbs energiyasini kamayishiga olib keladi.
- 3) **Entropiya** – bu oldingi ikkita omillarga qo'shimcha bo'lib, yuqori dispers sistemalarga tegishli, qaysiki bu sistemalarda dispers fazaning zarrachalari Broun harakatida qatnashadi va zarrachalarning hajmda barobar tarqalishiga yordam beradi.

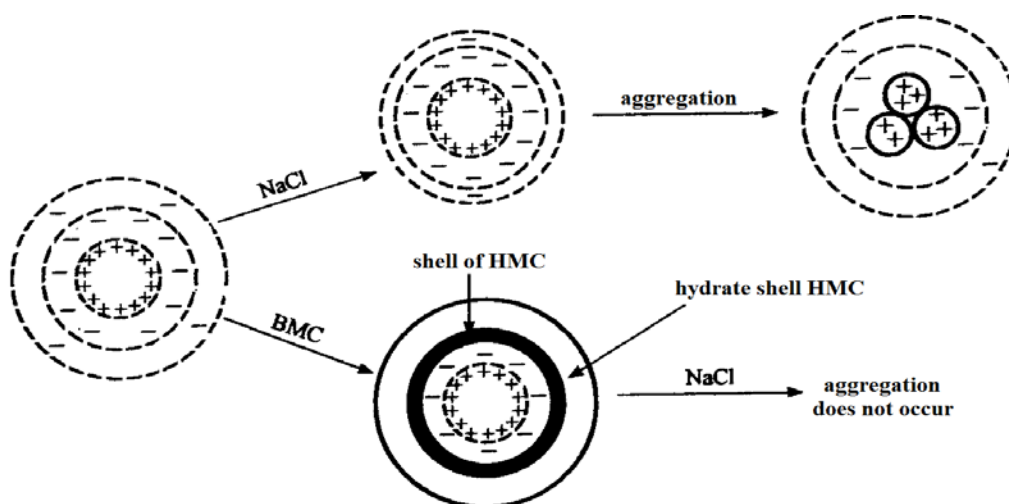
Barqarorlikni kinetik omillariga, ya'ni dispers fazaning zarrachalarini agregatsiya tezligini kamaytiruvchi omillarga quyidagilar kiradi:

- 1) **Struktura va mexanik omil** – bu agregatsiya tezligini kamaytiradigan zarrachalar sirtida himoya qavatini (*ya'ni yupqa parda*) hosil bo'lishi bilan bog'liq, bu parda yetarli darajada pishiq va mustahkam bo'ladi.
- 2) **Gidrodinamik omil** – bu omil ham agregatsiya tezligini muhitning qovushqoqligini, dispers fazaning va muhitning zichligini o'zgartirish yo'li bilan agregatlanishning oldini oladi.

Amalda esa, sistemalarning agregativ barqarorligi faqat bitta omilga bog'liq bo'lmaydi, aksinchi ko'p omilarning ta'siriga bog'liq bo'ladi. Ko'pincha, shu ko'rgan omillardan ikkitasi ta'sir qiladi. Bular:

- 1) *Elektrostatik barer*, bir-biridan qochadigan kuchlar orqali hosil bo'ladi;
- 2) *Adsorbsion – solvat barer*¹, bu zarrachalarni o'rab olib, zarrachalarni bir-biriga birikishiga qarshilik ko'rsatadi.

¹ Colloid Science: Principles, methods and applications, Second Edition Edited by Terence Cosgrove_ 2010
John Wiley & Sons, Ltd, P. 237



Zollarning barqarorligi haqida juda ko‘p nazariy fikrlar aytilgan. Shular ichida eng ahamiyatga ega bo‘lgani **DLFO nazariyasidir**.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Kolloid sistemalarning barqarorligi deganda nima tushunasiz?
2. Barqarorlik turlari.
3. Agregativ barqarorlik omillari.
4. Yoruvchi bosimining yuzaga kelish sabablari.
5. Barqarorlikning kinetik omili.
6. Dispers faza zarrachalarining o‘zaro yiriklashmasligini termodinamik omil yordamida tushuntirib bering.

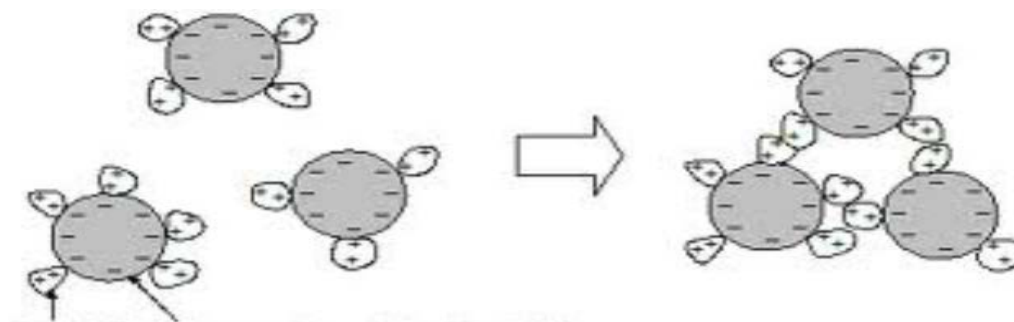
7.2§. KOLLOID SISTEMALARNING KOAGULYATSIYASI. KOAGULYATSIYA TEZLIGI. DLFO NAZARIYASI

Zollarning barqarorligi haqidagi eng ahamiyatga ega bo‘lgan **DLFO nazariyasini** mashhur ko‘zga ko‘ringan 4 ta olim ilgari surgan. Bular **B.V. Deryagin, L.D. Landau** (1937), **E.Fervey** va **J.Overbeklardi** (1941). DLFO shu olimlar ismlarining bosh harflaridir. Bu nazariyaga ko‘ra, har qanday zarrachalar bir-biriga yaqinlashganda tortilish va itarish kuchlari mavjudligi sababli ularni ajratib turadigan suyuqlikdan tashkil topgan yupqa qavat hosil bo‘lib, u yoruvchi bosim hosil qiladi. Agar bunda itarish kuchlari tortilish kuchlaridan katta bo‘lsa

sistema barqaror bo'ladi, agar tortilish kuchlari itarish kuchlaridan ustun tursa sistema koagulyatsiyaga uchraydi.

Koagulyatsiya – quyuqlanish, ivish degan ma'noni bildiradi.

Kolloid zarrachalarni bir-biri bilan birikib yirikroq agregat holatga o'tishi, ya'ni *agregativ barqarorligini buzilishi*, so'ngra *kinetik barqarorligini yo'qolishi* – **koagulyatsiya** deyiladi.



Koagulyatsiya turli omillar tufayli vujudga keladi. Ulardan– *elektrolitlar ta'siri, keskin isitish yoki keskin sovutish, elektr toki ta'sir ettirish, mexanik ta'sir ko'rsatish, yuqori chastotali tebranish (masalan, ultratovush), ultratsentrifugada ajratish, dispers fazani konsentratsiyasini oshirish va turli xil nurlar ta'sir ettirish* orqali koagulyatsiya chaqirish yoki tezlatish mumkin.

DLFO nazariyasiga binoan koagulyatsiyaning sodir bo'lishi 2 kuchga bog'liq:

- biri Van-der-Vaals (tortilish) kuchlari bo'lsa,
- ikkinchisi zarrachalar orasidagi o'zaro elektrostatik itarilish kuchlaridir.

Bu ikki kuch ikki kolloid zarracha orasidagi yupqa suyuqlik qavatida birgalashib ta'sir etib, **“yoruvchi bosimni”** vujudga keltiradi. Agar ularning ta'siridan **musbat yoruvchi bosim** paydo bo'lsa, bu bosim zarrachalarning bir-biri bilan birlashib ketishiga yo'l qo'ymaydi; binobarin koagulyatsiya sodir bo'lmaydi. Agar **manfiy yoruvchi bosim** paydo bo'lsa, zarrachalar orasidagi suyuqlik qavati torayib, zarrachalar bir-biri bilan birlashib ketadi va koagulyatsiya sodir bo'ladi.

Koagulyatsiyaga oid hodisalar tabiatda juda keng tarqalgan va ularning turmushda, hayotda **ahamiyati** kattadir.

Masalan, qand ishlab chiqarish sanoatida qand lavlagining sharbatini tozalashda koagulyatsiya jarayonidan keng foydalaniladi. Suvdagi organik moddalar odatda manfiy zaryadli

bo'ladi. Suvga avval xlor qo'shilib, suvdagi bakteriyalar yo'qotilgandan so'ng, unga oz miqdorda temir sulfat yoki alyuminiy sulfat qo'shiladi. Bu tuzlar gidrolizlanadi. Hosil bo'lgan gidroksidlarning musbat zaryadli kolloidlari suvdagi organik moddalarning manfiy zaryadli kolloidlarini koagulyatsiyalaydi. Natijada hosil bo'lgan koagulyantlar cho'kadi va suv tiniydi.

Koagulyatsiyaning qo'llanilishiga yana bir misol tuproqning hosil bo'lishidir. Tuproq juda murakkab kolloid sistema deb qaraladi. Tuproq zarrachalarining katta-kichikligi, ularning shakli, tuproqda har xil mineral moddalarning erishi ularning miqdori va tabiati tuproqning yutish qobiliyatiga buning natijasida uning unumdorligiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Tuproq tog' jinslarining nurashi, yuvilishi, gidrolizlanishi kabi xodisalar natijasida xosil bo'ladi. Bunday jarayonlar oqibatida SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 kabi suvda erimaydigan oksidlar, ularning gidroksidlari va tarkibida metall bo'lgan (MeO hamda Me_2O) eruvchan oksidlari hosil bo'ladi.

Tuproqdagi suvda erimaydigan tarkibiy qismlarning gidrolizlanishi va ular orasida sodir bo'ladigan uzoq muddat davom etadigan o'zaro koagulyatsiya jarayonlari tufayli **strukturalangan koagulyantlar**, ya'ni o'z xossalari bilan **koagellarga** yaqin gellar (*iviq moddalar*) hosil bo'ladi. Ana shunday har xil kolloid kimyoviy jarayonlarni uzoq vaqt davomida sodir bo'lishi xilma-xil tuproqlar paydo bo'lishiga sabab bo'ladi.

Balchiqlarning paydo bo'lishi ham koagulyatsiya jarayonining natijasidir. Ko'p daryolarning quyilish joylarida balchiqlar hosil bo'ladi. Daryolarning suvida juda ko'p organik *gumin* moddalar bo'ladi, ular minerallardan kelib chiqqan zarrachalarni daryo tubiga cho'kib ketishidan saqlab turadi. Shu sababli suv ancha loyqa bo'ladi. Agar shu suv dengiz suvi bilan uchrashsa dengizning sho'r suvi ta'siridan koagulyatsiya sodir bo'ladi. Natijada ekin uchun juda zarur, serunum tuproq hosil bo'ladi. Katta daryolarning (*Nil, Yevrat, Misisipi, Volga, Don, Dnepr, Amudaryo, Sirdaryo, Dunay*) quyilish joylarida ana shunday unumli tuproqlar hosil bo'lgan.

O'z-o'zicha bo'ladigan koagulyatsiya *ancha uzoq vaqt davom etadi.*

Koagulyatsiya jarayonini har xil yo'llar bilan tezlatish mumkin:

- 1) Kolloid eritmalarga (zolga) har xil elektrolitlar qo'shib koagulyatsiya jarayonini tezlatish mumkin.
- 2) Kolloid eritmaga boshqa kolloid qo'shib koagulyatsiyani tezlatish mumkin.
- 3) Kolloid eritmani qizdirish yo'li bilan koagulyatsiya jarayonini tezlatish mumkin.

7.3§. ELEKTROLITLAR TA'SIRIDAGI KOAGULYATSIYA

Eng kuchli koagulyatsiya chaqirish – elektrolitlar ta'sirida bo'ladi. Agar kolloid eritmaga har qanday elektrolitdan yetarli miqdorda qo'shilsa, koagulyatsiya sodir bo'ladi.

Kolloid eritmalarga *elektrolit qo'shilganda* koagulyatsiya sodir bo'lishini birinchi bo'lib kolloid kimyo sohasida ish olib borgan olimlar - **M.Faradey, T.Grem, F.Selmilar** kuzatgan.

M.Faradey bu hodisani oltin gidrozolida ilmiy ishlar olib borib aniqlagan. Bu kuzatishlar quyidagi natijalarga va xulosalarga asos bo'lgan:

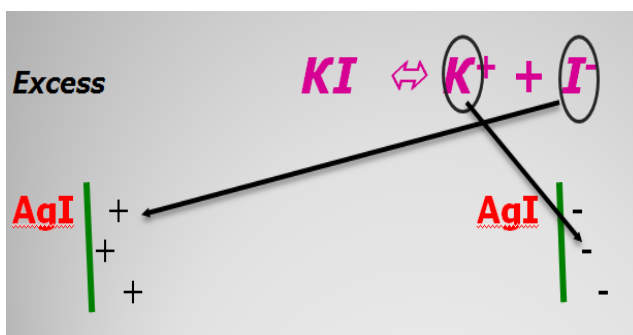
1) Agar kolloid eritmaga har qanday elektrolitdan yetarli miqdorda qo'shilsa koagulyatsiya sodir bo'ladi.

Koagulyatsiya sodir bo'lishini bevosita oddiy ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lsa u **ochiq koagulyatsiya**, ko'rish mumkin bo'lmasa, **yashirin koagulyatsiya** deyiladi.

2) Ochiq koagulyatsiya bo'lishi uchun elektrolit konsentratsiyasi koagulyatsiya konsentratsiyasi (koagulyatsiya chegarasi, ya'ni eritmani koagulyatsiyaga uchratish uchun kerak bo'lgan miqdor) qiymatidan ortiq bo'lishi kerak.

3) Koagulyatsiyaga elektrolitning faqat bir ioni, u ham bo'lsa kolloid zarracha zaryadiga qarama-qarshi bo'lgan ioni sabab bo'ladi. Musbat zaryadli kolloidlar anionlar ta'sirida, manfiy zaryadli kolloidlar kationlar ta'sirida koagulyatsiyaga uchraydi¹.

G.U. Shulse va T.Gardi elektrolit ionining valentligi bilan uning koagulyatsiyalash qobiliyati orasida bog'liqlik borligini topdilar.



¹ Colloid Science: Principles, methods and applications, Second Edition Edited by Terence Cosgrove_ 2010 John Wiley & Sons, Ltd, P. 232

4) Kolloid eritmaning koagulyatsiya chegarasi birinchi navbatda koagulyatsiyalovchi ionning valentligiga bog'liq. **Ion valentligi qancha katta bo'lsa, koagulyatsiyalash qobiliyati shuncha kuchli va koagulyatsiya konsentratsiyasi shuncha kam bo'ladi. Bu Shulze-Gardi qoidasi deb ataladi.**

Elektrolitlarning (ionlarning) valentligi ortishi bilan koagulyatsiya jarayonining kuchayishi yuqori valentli ionlar ta'sirida kolloid zarrachadagi qo'sh elektr qavatining *siqilish effekti ortishi* sababli ortadi.

Hozirgi paytda elektrolitlar ta'sirida sodir bo'ladigan koagulyatsiya *statik fizika, eritmalar nazariyalari va molekulalararo kuchlarga* asoslangan holda tushuntiriladi.

Bir xil valentli ionlar bilan birikkan Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ katonlarining manfiy kolloidlarni koagulyatsiyalash ta'siri quyidagi tartibda o'zgaradi:



Cl^- , Br^- , NO_3^- , J^- ionlarning musbat kolloidlarni koagulyatsiyalash ta'siri (kation bir xil bo'lganida):



qatorga muvofiq keladi. Bu kabi qatorlar kolloid kimyoda **liotrop qatorlar** deyiladi.

DLFO nazariyasiga muvofiq Shulze-Gardi qoidasi quyidagi nisbat ko'rinishini oladi:

$$C_{el}^+ : C_{el}^{2+} : C_{el}^{3+} = 1 : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{3^6} = 1 : \frac{1}{64} : \frac{1}{729};$$

$$C_{el}^+ : C_{el}^{2+} : C_{el}^{3+} = 729 : 64 : 1$$

Ionning koagulyatsiya chaqirish qobiliyati (faolligi) uning valentligiga bog'liq bo'lib, valentlikning 6 chi darajasiga teskari proporsionaldir.

Bundan kelib chiqadiki, agar biror zolni koagulyatsiyaga uchratmoqchi bo'lsak, 1 valentli elektrolit oladigan bo'lsak undan 1l eritmaga **729 millimol**, 2 valentli elektrolit oladigan bo'lsak **64 millimol** va 3 valentli elektrolitdan 1 millimol kerak bo'lar ekan.

Koagulyatsiya jarayoni boshqa har qanday jarayonlarga o'xshab ma'lum vaqt ichida sodir bo'ladi. Shuning uchun ham u *kinetik jarayon* hisoblanadi. Koagulyatsiya tezligi kolloid sistema zarrachalarining broun harakatiga ularning o'zaro ta'siriga (*boshqacha aytganda, zarrachalarning o'zaro tortilish sferasi, radiusi kattaligiga va diffuziya koeffitsiyentiga*) va sistemadagi zarrachalarning dastlabki konsentratsiyasiga bog'liq.

Agar ikkita zarracha bir-biri bilan birinchi to'qnashgandayoq o'zaro birikib yirik zarracha hosil qilsa, bunday koagulyatsiya *tez koagulyatsiya* deb ataladi va uning tezligi

- *kolloid zarrachalarning broun harakatining intensivligiga bog'liq bo'ladi va*
- *qo'shilayotgan koagulyasiyalovchi elektrolitlarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmaydi.*

Agar koagulyatsiya tezligi qo'shilayotgan elektrolitlarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lsa, bunday koagulyatsiya *sust koagulyatsiya* deb ataladi.

Kolloid eritmaning *loyqalanishi, keyinchalik cho'kmaga tushishi va zol rangini o'zgarishi* koagulyatsiya belgilari hisoblanadi.



Ayni zolni koagulyatsiyaga uchratish uchun kerak bo'ladigan elektrolitning minimal miqdori *koagulyatsiya chegarasi* deb ataladi.

Koagulyatsiya chegarasi odatda 1 litr zol uchun hisoblanadi. Agar tajriba uchun V ml zol olingan bo'lsa zolning koagulyatsiyalanish chegarasi

$$\gamma = \frac{CV \cdot 1000}{W}$$

tenglama bilan hisoblab topiladi. Odatda bu tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\gamma = \frac{N \cdot V_{el} \cdot 1000}{V_{el} + W}$$

bu yerda: N – elektrolitning mollar bilan ifodalangan konsentratsiyasi;

V – elektrolit eritmasining hajmi;

W – zolning litrlar bilan ifodalangan hajmi;

γ – elektrolitning koagulyatsiyalash chegarasi.

Koagulyatsiya chegarasini yana quyidagi tenglamalar bilan hisoblab topish

mumkin:

$$a) \quad \gamma = \frac{c \cdot n}{\left(1 + \frac{a}{b}\right)^2} \cdot 1000 \text{ mmol/l}$$

bunda C – elektrolitning konsentratsiyasi, n – koagulyatsiyalovchi ion valentligi, a – suvning miqdori, b – elektrolitning miqdori.

$$b) \quad \gamma = \frac{C_{el} \cdot V_{el}}{V_{zol}}$$

bunda C_{el} – elektrolitning konsentratsiyasi, V_{el} – elektrolitning koagulyatsiyaga uchragandagi eng kam miqdori, V_{zol} – zolning miqdori

*Ilgari kolloid eritmaga elektrolit qo'shilganda kolloid zarrachalarning zaryadi nolga teng bo'lib qoladi, deb faraz qilinardi. Lekin Povis va Ellis tekshirishlarining ko'rsatishicha, bu xulosa tajribada tasdiqlanmadi. Povis koagulyatsiya sodir bo'lishi uchun granulaning zaryadi va dzeta-potensial batamom nolga teng bo'lishi shart emasligini misollar bilan ko'rsatdi; dzeta-potensial ma'lum qiymatiga ega bo'landa xam koagulyatsiya vujudga kelaveradi. Zol sezilarli tezlikda koagulyatsiyalana boshlagan vaqtdagi dzeta-potensial – **kritik dzeta-potensial** deyiladi. Ko'pchilik zollar uchun kritik dzeta-potensialning qiymati 25-30 millivoltga teng bo'ladi. Dzeta-potensialning qiymati koagulyatsiya vaqtida 70 mv*

dan 30-25 mv gacha pasayadi. Lekin, dzeta-potensialning pasayishi koagulyatsiyaning asosiy sababi emas, ba'zan dzeta-potensial koagulyatsiya vaqtida kam o'zgaradi.

7.4§. KOLLOIDLARNI KOLLOIDLAR TA'SIRIDA

KOAGULYATSIYALANISHI

Kolloid eritmaning qarama-qarshi zaryadli boshqa kolloid bilan ham koagulyatsiyalanishi yuqorida aytib o'tildi. Kolloidlarning kolloidlar bilan koagulyatsiyalanishi (*o'zaro koagulyatsiya*) ularning zaryadiga va konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Masalan, **AgJ** ning musbat va manfiy zollari o'rtasida (*ular ekvivalent miqdorda olinganda*) bo'ladigan o'zaro koagulyatsiyani quyidagi sxema bilan ko'rsatish mumkin: $[nAgJ] \cdot xJ^- + [nAgJ] xAg^+ \rightarrow (2n + x) AgJ$

Agar musbat zaryadli zoldan ortiq miqdorda qo'shilgan bo'lsa, zol musbat zaryadli bo'lib qoladi va koagulyatsiyalanmaydi:



7.5§. KOLLOIDLARNING QIZDIRISH TA'SIRIDAN

KOAGULYATSIYALANISHI

Kolloid eritmalar qizdirilsa, ba'zan tez koagulyatsiyalanadi, ba'zan qizdirish kam ta'sir etadi. Umuman, kolloidlar *qaynatilganida koagulyatsiya tezlashadi*. Buning sababi shundaki, eritma qizdiriganda eritmada zarracha va ionlar o'rtasidagi *muvozanat buziladi*, ya'ni kolloid zarrachalarning gidrat qavatlarini buzuladi hamda mitsellaning yadrosidagi adsorbsiyalangan ionlar *desorbsiyalanib*, kolloid zarrachalarning zaryadi kamayadi. Natijada kolloid eritmaning agregativ barqarorligi yo'qoladi va bunday zarrachalar bir-biri bilan birikib, zol koagulyatsiyalanadi.

7.6 §. ELEKTROLITLAR ARALASHMASI TA'SIRIDAGI KOAGULYATSIYA

Kolloid eritmalarni elektrolitlar aralashmasi ta'sirida ham koagulyatsiyaga uchratish mumkin. Bunda 3 xil holat kuzatiladi:

1. Bir elektrolitning koagulyatsiyalash qobiliyati ikkinchi elektrolitnikiga qo'shiladi. Bu hodisa – **additivlik** deyiladi.

$$\left(\frac{C_{01}}{2} + \frac{C_{02}}{2} \right)$$

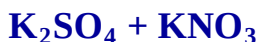
2. Bir elektrolitga ikkinchi elektrolit qo'shilsa, birinchi elektrolitning koagulyatsiya ta'siri kuchayadi. Bu hodisa – **sensibilizatsiya (sinerizm)** deyiladi.

$\frac{C_{01}}{2}$ (ммоль / л) - birinchi elektrolitdan qo'shish kerak.

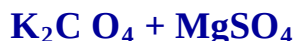
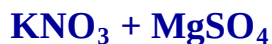
$\frac{C_{02}}{3}$ (ммоль / л) - ikkinchi elektrolitdan qo'shish kerak.

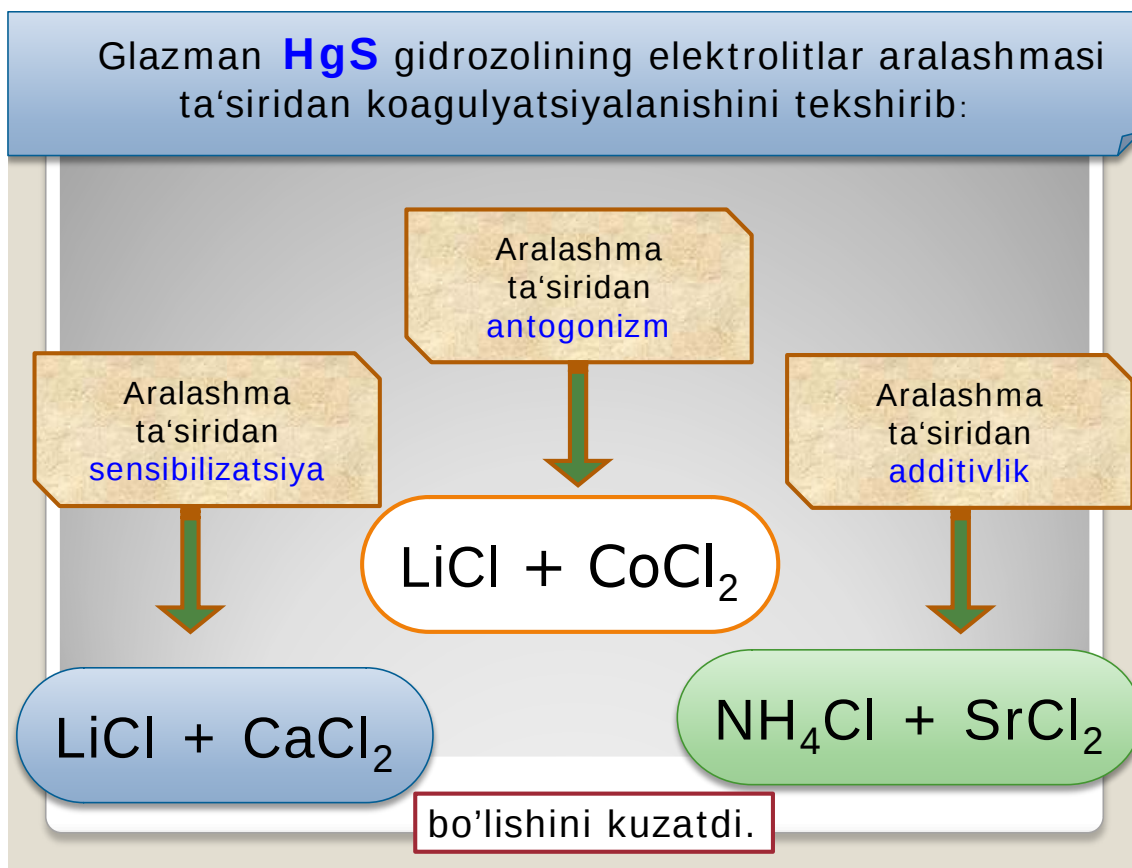
3. Bir elektrolitning koagulyatsiyalash ta'siri ikkinchi elektrolit qo'shilganda kamayadi. Bu hodisa – **antogonizm** deyiladi.

Additivlik keltirib chiqaradigan aralashmalarga misollar:



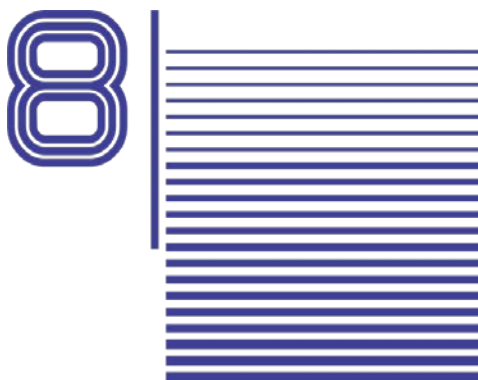
Antogonizm keltirib chiqaradigan aralashmalarga misollar:





O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Koagulyatsiyaning DLFO nazariyasini tushuntirib bering.
2. Koagulyatsiyani yuzaga keltiruvchi omillar.
3. Koagulyatsiyaga misollar keltiring.
4. Koagulyatsiyaga oid muhim qoidalar.
5. Ochiq va yashirin koagulyatsiya.
6. Elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiya.
7. Shulze-Gardi qoidasi.
8. Koagulyatsiya tezligi.
9. Tez va sust koagulyatsiya.
10. Elektrolitlar aralashmasi ta'siridagi koagulyatsiya.



SIRT FAOL MODDALAR. MITSELLA HOSIL QILISH KRITIK KONSENTRATSIYASI

Turli suyuqliklarning sirt tarangligi ularning *tabiatiga, haroratga, erigan moddaning bosimi va konsentratsiyasiga bog'liq.*

Erigan modda suyuqliklarning sirt tarangligiga ta'sir etib ularni oshirishi yoki kamaytirishi mumkin.

Erigan moddani erituvchining sirt tarangligini o'zgartirish qobiliyatiga - sirt-faollik deyiladi.

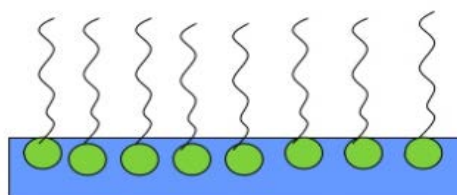
Shunday moddalar borki, ular suvda yaxshi eriydi, *masalan*, spirt, tuz, glitserin va x.k. bunday moddalar **gidrofil** moddalardir.

Moddalar borki, ular suvdan qochadi, amalda suvda erimaydi, *masalan*, yog'lar, parafin va x.k. – bunday moddalar **gidrofob** moddalardir.¹

Agar bitta molekulada xam gidrofoblik, xam gidrofillik namoyon bo'lsa, bunday moddalar *difil tuzilishga ega bo'ladi.*

, yani ikki hil ko'rinish ma'nosini anglatadi. Bunda doira qismi qutbli gruppalarni (**gidrofillikni**), to'g'ri chiziq qismi esa uglevodorod radikallarini (yani, **gidrofoblikni**) bildiradi.

Difil tuzilishga ega bo'lgan, satxlar chegarasiga adsorbsiyalanib, sirt taranglikni



¹ <https://www.slideshare.net>

pasaytiruvchi moddalar **sirt faol moddalar (SFM)** deyiladi.

Sirt faol moddalar suvda eriganida ular sathda shunday oriyentatsiya-lanadiki, bunda gidrofob qismi suvli muhitdan turtib chiqariladi va sathda joylashadi.

Boshqacha qilib aytganda **Gibbs** tenglamasi- $G = -\frac{C}{RT} \frac{d\sigma}{dC}$ dagi « $\frac{d\sigma}{dC}$ » nisbat

1) $\frac{d\sigma}{dC} < 0$, ya'ni manfiy bo'lsa, $G > 0$ bo'ladi. Bunday moddalar **sirt-faol** hisoblanadi. Ularda $\sigma_{\text{eritma}} < \sigma_{\text{erituvchi}}$

2) $\frac{d\sigma}{dC} > 0$ bo'lsa, $G < 0$ da modda **sirt nofaol** bo'ladi.

Bunday moddalar qatoriga **osh tuzi va boshqa elektrolitlar** kiradi. Demak, suyuqlik sirt tarangligini oshiradigan moddalar – **sirt nofaol moddalar (SNM)** deb ataladi. Ularda $\sigma_{\text{eritma}} > \sigma_{\text{erituvchi}}$.

3) Agar suyuqlikka biror modda qo'shilganda sirt taranglik o'zgarmasa, **bu – sirt befarq moddalar (SBM) deyiladi** (masalan: mono-, di- va polisaxaridlar suvga nisbatan befarq moddalar hisoblanadi).

Bunda $\sigma = \text{const}$ bo'lsa, $\frac{d\sigma}{dC} = 0$, $G = 0$ bo'ladi. Ularda $\sigma_{\text{eritma}} = \sigma_{\text{erituvchi}}$.

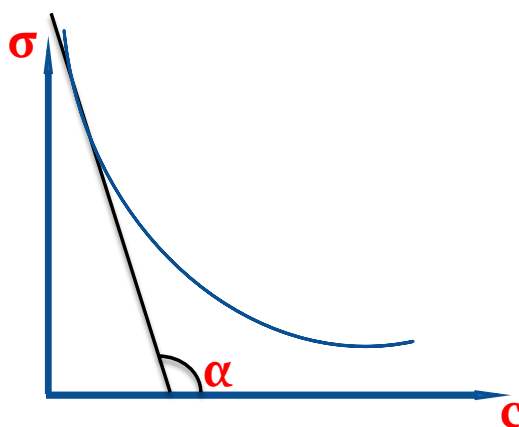
Umuman, **barcha organik birikmalar** suvga nisbatan sirt-faollik namoyon qiladi.

Sirt-faollik $\frac{d\sigma}{dC}$ ni grafik yo'li bilan aniqlash mumkin. Buning uchun abssissalar o'qiga konsentratsiya "C", ordinatalar o'qiga sirt taranglik " σ "ning qiymatlarini qo'yib $\sigma = f(C)$ diagrammasi tuziladi.

$\sigma - C$ chizig'iga izotermaning boshlanishidan urinma o'tkazilib, uni ordinata chizig'i bilan kesishguncha davom ettiriladi. Kesishgan joydagi urinma bilan ordinatalar chizig'i orasidagi burchak tangensi olinadi.

$$g = -\left(\frac{d\sigma}{dC}\right) = \operatorname{tg} \alpha$$

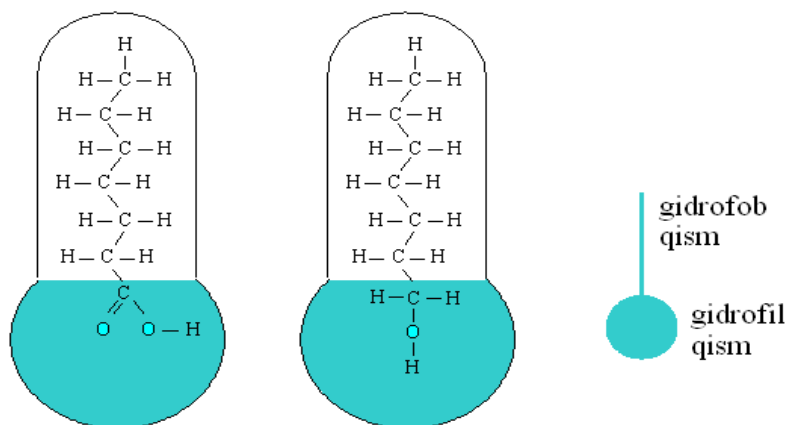
bu yerda **g** - sirt faollik.



8.1-rasm. Sirt - faol moddaning hajmiy konsentratsiyasi bilan uning sirt tarangligi orasidagi bog'lanish

Umumiy ta'rifga binoan sirt-faol moddalar molekulalari difil ravishda tuzilgan bo'lishi shart, ya'ni moddaning bir qismi suvga nisbatan katta moyillik ko'rsatadigan gruppadan iborat bo'lishi kerak, bu qismi **gidrofil grupp**a deb ataladi, ikkinchi qismi (*bo'lagi*) uglevodorod radikallaridan tashkil topgan bo'lib, **gidrofob grupp**a deb ataladi. Bunday difil ravishda tuzilgan moddalar juda katta sirt-faollikka ega bo'ladi.

Spirit, fenol, karbon kislota, organik aminlar, sulfat kislotalar va ularning tuzlari va ko'pgina boshqa organik birikmalar mana shunday difil molekulalardan tuzilgan va sirt-faol moddalar qatoriga kiradi. Ularning tarkibidagi **-OH, -NH₂, -NH, -COOH, -SO₃H** va hokazolar *qutbli gruppalarni tashkil etadi*. Sirt-faol moddalar asimmetrik tuzilishiga ega. Ular suv-havo, suv-uglevodorod (*suv-yog'*), suv-qattiq jism kabi sirlarga yaxshi adsorblanadi. Suv molekulalari orasidagi *kogeziya kuchlari* bu moddalarning suvdagi eritmalaridan ularning uglevodorod gruppalarini ikki faza orasidagi chegara sirtga yo'naltiradi. Molekulaning **gidrofil qismi suvda**, gidrofob qismi qutbsiz fazada bo'lganda *izobar potensial* minimal qiymatga ega bo'ladi.



8.2-rasm. Sirt-faol modda molekulasining sathda joylashishi

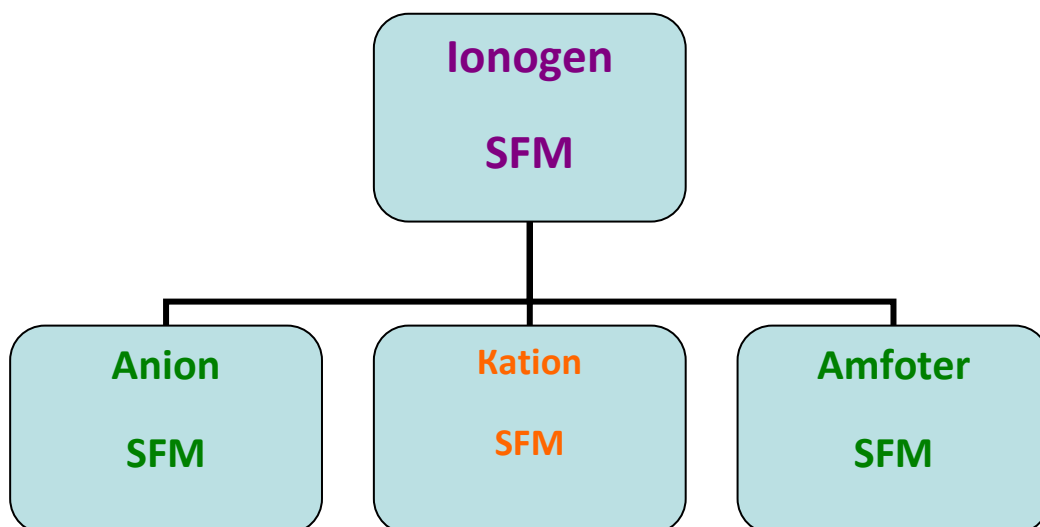
8.1§. SIRT-FAOL MODDALARNING TURLARI

SFM har xil belgilariga qarab sinflanadi. Eruvchanligiga qarab **suvda eriydigan va moyda eriydigan SFM**; eritmada dissotsiatsiylanishiga qarab 2ta katta guruhga bo‘linadi:

- ionogen (*elektrolitlar*)
- noionogen (*noelektrolitlar*) SFM.

Ionogen sirt-faol moddalar adsorbsiylanadigan qismining *tabiatiga qarab* o‘z navbatida:

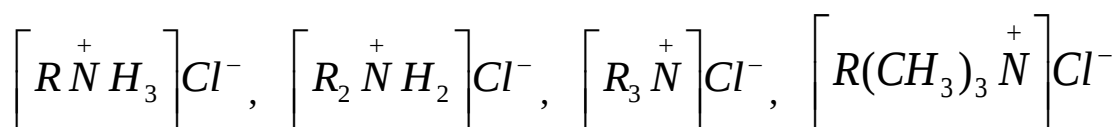
- anion sirt-faol
- kation sirt-faol va
- amfoter sirt-faol moddalarga bo‘linadi¹.



¹ www.slideshare.net

Kation sirt-faol moddalar

Kation sirt-faol moddalar suvda dissotsiylaniganda *sirt-faol kationlar* hosil bo'ladi. Demak, yuza qatlamga **kationlar yutiladi** va *yuza musbat zaryadlanadi*. Bularga *birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi, alifatik va aromatik aminlarning tuzlari, alkilga almashingan ammoniy asoslarning tuzlari* kiradi:

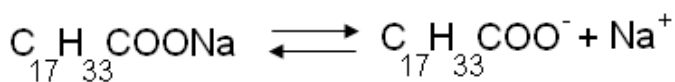


Musbat zaryadli zarrachalarga ega bo'lgan dispers sistemalar hosil qilishda ham kation sirt-faol moddalardan ko'p foydalaniladi.

Ular yaxshi *flokulyant-koagulyant* sifatida suvni tozalash va qurilish ishlarida qo'llaniladi.

Anion sirt-faol moddalar

Bunday moddalar dissotsiatsiyaga uchraganida *sirt-faol anionlar* hosil qiladi hamda adsorbsiyalanganda yuza qatlamga *anionlar yig'iladi*, bunda yuza manfiy(-) zaryadlanadi. Ularga *karbon kislotalari va ularning tuzlari*, (chunonchi $C_{17}H_{33}COONa$ - natriy steorat (sovun), $C_{17}H_{35}COONa$ - natriy oleat, $C_{15}H_{31}COONa$ - natriy palmitat, *alkilsulfatlar* (alkilsul'fat kislota tuzlari) - $ROSO_2OMe$, *alkilarisulfatlar* - $RArSO_2OMe$, *fosfatlar, tiofosfatlar* va boshqalar kiradi.



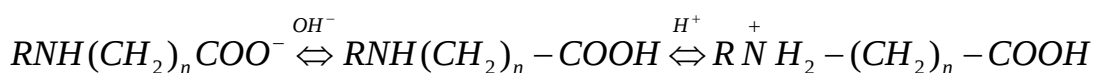
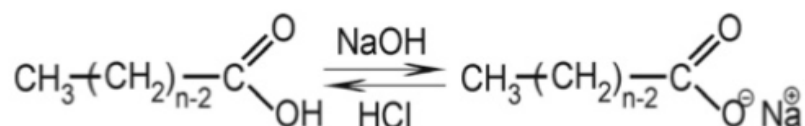
Xozirgi vaqtda, tarkibida C_{10} dan C_{17} gacha uglerod atomlari bo'lgan sintetik yog' kislotalarining tuzlari xo'jalikda ko'p ishlatilmoqda. Ular o'simlik va hayvonlardan olinadigan organik yog' kislotalarining o'rnini bosmoqda.

Yana, keyingi paytlarda paxta moyidan chiqadigan chiqindi hisoblangan difillangan yog' kislotalari ham ishlatilada.

Amfoter sirt-faol moddalar

Bu moddalar tarkibida ikkita funksional gruppalar bo'lib, ulardan biri *kislota*, ikkinchisi *asos xarakteriga* ega. Shuning uchun tarkibida karboksil va amino gruppalari bo'lgan moddalar amfoter sirt-faol moddalar jumlasiga kiradi. Ular muhitning **pH** qiymatiga qarab *kation sirt-faollik* yoki *anion sirt-faollik* namoyon qiladi¹:

(a) Natural soaps (alkylcarboxylates), Lipids



anion	ishqoriy	amfoter	kislotali	kation
faol	muhitda	sirt-faol	muhitda	faol
		modda		

Masalan, agar muhit kislotali bo'lsa ($\text{pH} < 7$) kation faol bo'ladi, agar asosli bo'lsa ($\text{pH} > 7$) anion faol bo'ladi.

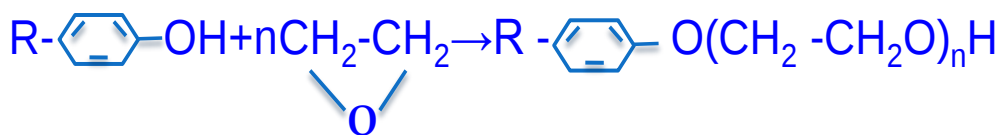
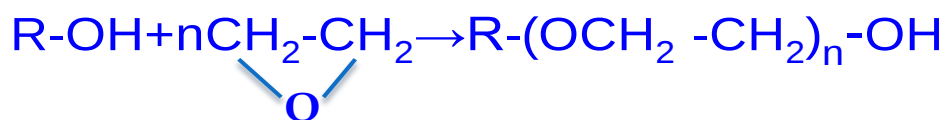
Kation va anion SFM lar jarrohlikda antiseptik vosita sifatida qo'llaniladi. Masalan, to'rtlamchi ammoniy tuzlari mikroorganizmlarni yo'qotishda fenolga nisbatan 300 martta yuqori samara beradi.

Noionogen SFM moddalar antimikrob xususiyatga ega emas.

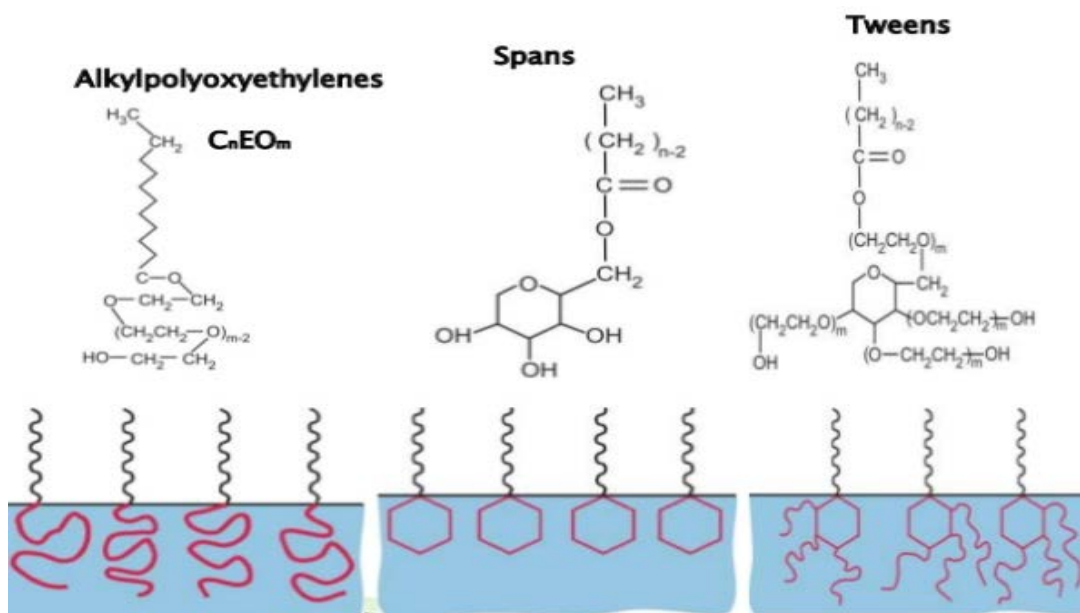
8.2§. NOIONOGEN SIRT – FAOL MODDALAR

Suvli eritmada dissotsiatsiyalanmaydigan, faqatgina **vodorod bog'** hosil qilish bilan suvda eriydigan moddalar **noionogen SFM** deyiladi. Ularning molekulasida ham difil tuzilishga ega.

Noionogen SFM olish uchun etilen oksid **spirtlarga, karbon kislotalarga, aminlarga** ta'sir ettiriladi:



Bu yerda *etilen oksidining zanjiri qancha uzun bo'lsa olinayotgan modda shuncha gidrofil bo'ladi*. Noionogen sirt-faol moddalarning eruvchanligi uning qutbli gruppalarining suvga nisbatan moyilligiga bog'liq.



Alkilfenollarning polioksietillangan efirlari kir yuvish jarayonlarida juda keng qo'llaniladi.

P.A. Rebinder barcha difil SFM larni 2 guruhga bo'ldi:

- **haqiqiy eruvchan sirt-faol moddalar;**
- **kolloid sirt-faol moddalar.**

Haqiqiy sirt-faol moddalarga kichik radikalga ega bo'lgan, difil eruvchan organik birikmalar (*quyi spirtlar, fenollar, organik kislotalar va ularning tuzlari va*

x.k.) kiradi. Ular *molekulyar dispers sistema* hosil qiladi, lekin SFM sifatida kam ishlatiladi.

Kolloid sirt-faol moddalar alohida diqqatga sazovordir. Kolloid sirt-faol moddalarning asosiy xususiyatlaridan biri ular termodinamik jihatdan barqaror kolloid (*liofil*) dispers geterogen sistemalar hosil qila oladi.

SFM juda ko'p sohalarda ishlatiladi. Farmatsiyada dori dispers sistemalar uchun *dispergator*, *stabilizator* sifatida; rudalarni boyitishda *flotoreagentlar* sifatida, *yuvuvchi* va *dezinfeksiyalovchi* moddalar sifatida qo'llaniladi. SFM har bir berilgan hol uchun tanlab olinadi. 1949 yil **Grifin** SFM tanlash uchun *yarim emperik qoida* taklif etdi, ya'ni **GLB** – **gidrofil-lipofil balans** degan kattalikdan foydalanishni taklif qilgan. *Unga asosan har qanday SFMda gidrofil va gidrofob qismlari o'rtasida ma'lum bir nisbat mavjud.* Ana shu nisbat (balans) yoki **GLB soni** - SFM qaysi maqsadda qo'llanishini belgilaydi.

Mingdan ortiq SFM uchun **GLB** qiymati aniqlangan. Uning qiymati **0-40 oralig'ida bo'ladi.** 40 - eng gidrofil SFM – natriy dodetsil-sulfatga to'g'ri keladi

$$GLB_{C_{12}H_{25}OSO_3Na} = 40$$

GLB ning gruppasi soniga qarab SFM larning qayerda ishlatish mumkinligini aniqlash mumkin.¹ Masalan:

- 1 – 4 *o't o'chiruvchi ko'piklar*
- 3 – 6 *II tur emulsiyalar*
- 6 – 8 *ho'llovchilar*
- 8 – 13 *I tur emulsiyalar*
- 13 – 20 *solyubilizatorlar olinadi.*



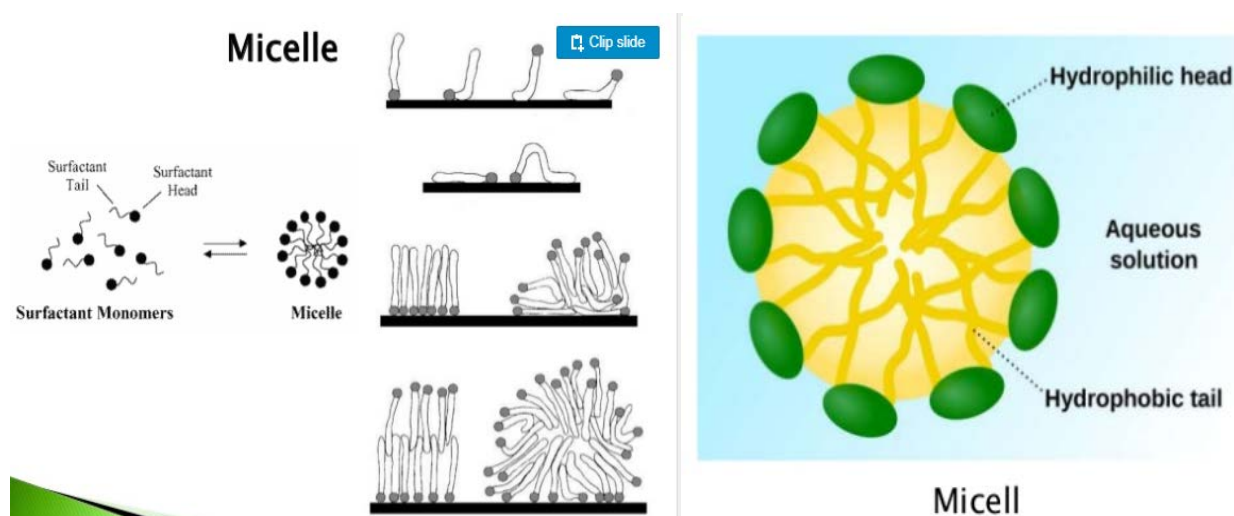
¹ **Aminov S.N., Popkov V.A., Qurbonova M.M., Fizik va kolloid kimyodan amaliy mashg'ulotlar. Toshkent, Fan., 2006.**

8.3§. SIRT-FAOL MODDALARNING MITSELLYAR ERITMALARI. MITSELLA HOSIL QILISH KRITIK KONSENTRATSIYASI

Kolloid yoki mitsella hosil qiluvchi SFM deb sharoitga qarab bitta erituvchida ham *chin eritma*, ham *kolloid eritma hosil qila oladigan moddalarga* aytiladi. Ularga *sovun*, *yuvuvchi vositalar* va *boshqalar* kiradi.

Ko‘p sirt-faol moddalar, misol uchun *sovun*, yuvishda ishlatiladigan moddalar (*detergentlar*), *tannidlar* (oshlovchi moddalar) *bo‘yoq moddalar*, *alkoloidlar* - *chin eritma* hosil qiladigan moddalar bo‘lib, ba’zi paytlarda ***mitsellyar kolloid eritma*** ham hosil qilishlari mumkin. Sirt-faol moddani juda ko‘p suyultirsak u eritmada molekula yoki ion holida bo‘lib, *chin eritma* hosil qiladi.

Kolloid SFM suyultirilgan eritmalarida suyuqlik sirtida adsorbsiyalanib, uning sirt tarangligini kamaytirish bilan birga ma’lum bir konsentratsiyadan boshlab (**MHQKK – *mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi***) **molekulalar agregati – mitsellalar hosil qila boshlaydi.**¹



Suyultirilgan SFM molekulalarini mitsella hosil qilish mexanizmini quyidagicha tasvirlash mumkin:

¹ Terence Cosgrove. Colloid Science Principles, methods and applications Second Edition. 2010. John Wiley and Sons, Ltd,

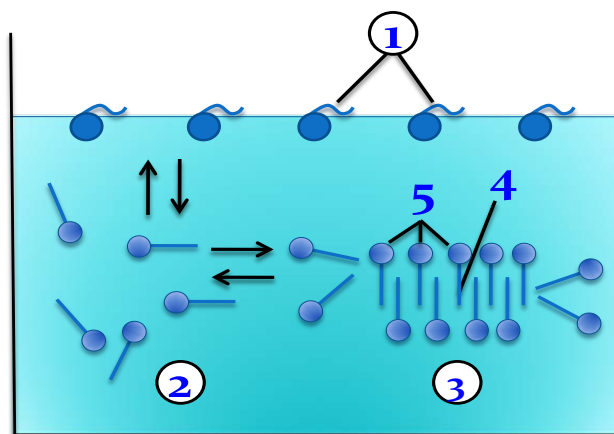
8.3-rasm. Kolloid SFM larning joylanishi:

1 – sathda;

2 va 3 – chin va kolloid eritma ko‘rinishida;

4 – uglevodorodli yadro;

5 – qutblangan ionli guruhlar.

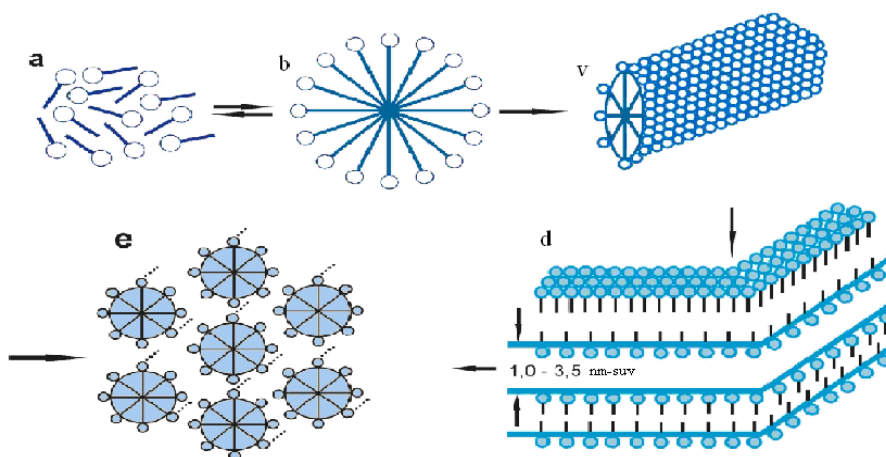


Mitsella hosil bo‘lishi o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan va qaytar jarayon hisoblanadi. Konsentratsiya va haroratning o‘zgarishi sistema muvozanatini siljitadi:



Suvli eritmalarida SFM molekulasidagi **gidrofob ta’sirlashuv** – difil molekulalarni gidrofob qismlari suvdan qochib, mitsella hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Hosil bo‘layotgan mitsellalar shakli eritma konsentratsiyasiga bog‘liq.

Eritmalarda mitsellalarni hosil bo‘lishi molekulaning difilligiga bog‘liq bo‘lib, mitsella hosil bo‘lishi uchun molekula zanjirida kamida 4-5 uglerod atomi bo‘lishi shart.



8.4-rasm. Kolloid SFM mitsellasining hosil bo‘lishi:

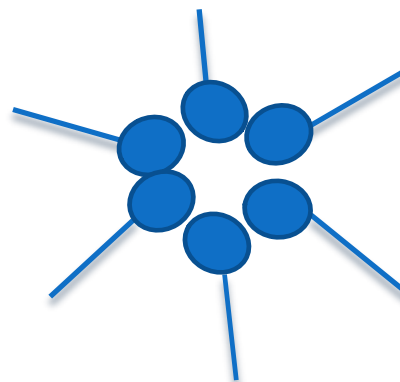
b) past konsentratsiyada sferik misellalar hosil bo‘ladi – *misella Gartli*;

v,e) o‘rtacha konsentratsiyalarda silindrik misellalar;

d) yuqori konsentratsiyada esa murakab plastinkasimon misellalar – *Mak Ben misellasi* hosil bo‘ladi. Ularni ko‘pincha *suyuq kristallar* deb ataladi.

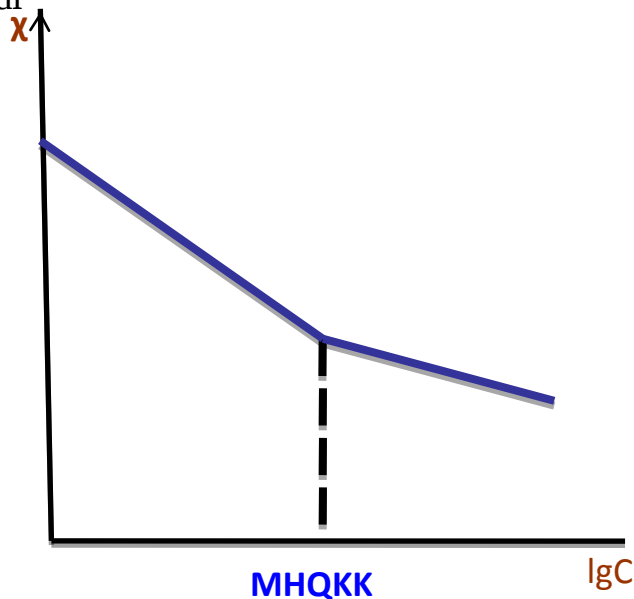
Suvsiz eritmalar - polyar qismlarning ta'sirlashishi natijasida teskari mitsella hosil bo'ladi, natijada sirt-faol modda molekulalarining gidrofob qismlari erituvchiga qaragan bo'ladi.

Kolloid SFM ning mitsella hosil qiladigan eng kichik konsentratsiyasi mitsella xosil qiluvchi kritik konsentratsiya (**MHQKK**) deb ataladi



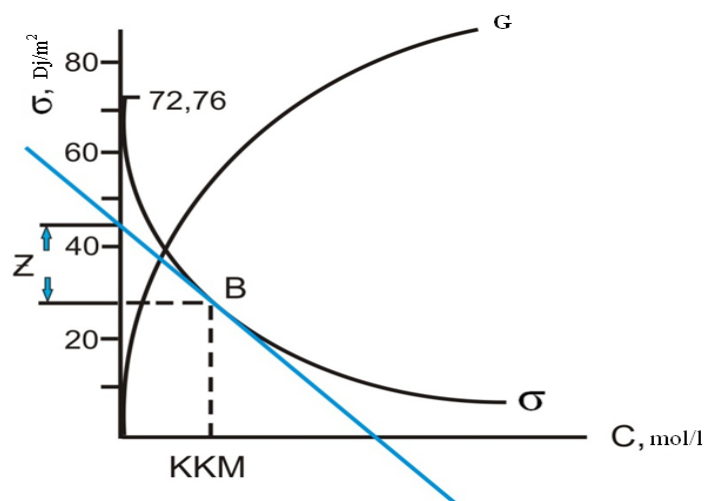
Mitsella xosil bo'lish kritik konsentratsiyasi juda katta ahamiyatga ega, uning qiymatiga qarab eritmaning xossalari o'zgarib boraveradi.

MHQKK ni topish uchun konsentratsiya o'zgarishiga bog'liq bo'lgan istagan parametr (xossa) grafigi chiziladi. Masalan, SFM eritmasining elektr o'tkazuvchanligini konsentratsiyaga bog'liqlik grafigi chizilsa, $\chi=f(C)$ egrisida keskin sinish ro'y beradi. Bu nuqtadan abssissa o'qiga perpendikulyar tushirilsa, MHQKK topiladi



8.5-rasm. SFM eritmasining elektr o'tkazuvchanligini konsentratsiyaga bog'liqlik grafigi

Agar $G=f(C)$ bog'liqlik olinsa, ushbu grafik hosil bo'ladi (8.6-rasm). Egrining sinish nuqtasidan MHQKK topiladi. Su miqyosda $\eta=f(C)$, $d=f(C)$ kabi bog'liqliklar orqali ham MHQKK ni topish mumkin.



8.6-rasm. SFM turli hossalari konsentrasiya bilan bog'liqlik grafigi

MHQKKga har xil omillar ta'sir qiladi. Masalan, sirt-faol moddaning molekulyar massasi oshishi bilan MHQKK qiymati kamayib boradi va sirt faollikka teskari proporsional bo'ladi.

MHQKK sirt-faol moddaning molekulyar massasi bitta gomologik qatorga (CH_2 -) ga oshsa, **Dyuklo-Traube** qoidasiga bo'ysunadi.

$$(\text{MHQKK})_n / (\text{MHQKK})_{n+1} \quad 3,2$$

Sirt-faol modda eritmalariga noorganik tuzlarni qo'shish yo'li bilan MHQKKni o'zgartirish mumkin. Ionogen sirt-faol moddalarning eritmalariga noorganik tuzlarning qo'shilishi MHQKKni keskin pasaytiradi. Pasayishi qo'shilgan noorganik tuzlarning gidratlanish qobiliyatiga qarab quyidagi qatorni hosil qiladi:

$$\text{Zn}^+ \angle \text{Na}^+ \angle \text{NH}_4^+ \angle \text{K}^+$$

Noionogen sirt-faol moddalar uchun qo'shilayotgan noorganik tuzlarning ta'siri kamroq bo'ladi.

Ko'pgina organik moddalar ham MHQKKga ta'sir qiladi. Yuqori molekulyar massaga ega bo'lgan organik moddalar MHQKKni kamaytiradi.

MHQKK ga haroratning ta'siri

Ionogen va noionogen sirt-faol moddalarga harorat har xil ta'sir ko'rsatadi. Haroratning ko'tarilishi ionogen sirt-faol moddalarning zarrachalarini issiqlik harakatini tezlashtirib yuboradi va buning natijasida ularning *agregatlanishiga*

qarshilik ko'rsatadi. Shu paytning o'zida issiqlik harakati sirt-faol moddaning qutbli gruppalarini *gidratsiyalanishini kamaytiradi* va ular mitsella hosil qila boshlaydi. Noionogen sirt-faol moddalarda esa haroratni ko'tarilishi MHQKKni kamaytirishga olib keladi.

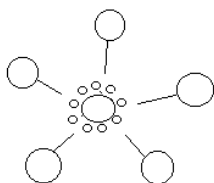
8.4§. SOLYUBILIZATSIYA JARAYONI

Sirt-faol moddalarning mitsellalari bor *suvli eritmalarining* eng qiziq va katta ahamiyatga ega bo'lgan xususiyatlaridan biri ularning suvda erimaydigan uglevodorodlarni (*benzol yoki geptan*), har xil yog'larni va qattiq moddalarni eritib yuborishidadir. Bunda bu moddalarning molekulalari mitsellalarning ichiga kirib ketadi.

Suvda erimaydigan moddalarning mitsellalar orasiga yutilib, erib ketish jarayoni solyubilizatsiya yoki kolloidli erish deb ataladi.

Yutilgan modda - *solyubilizat*, yutgan modda - *solyubilizator*, xosil bo'lgan tiniq eritma *solyubilizatsiyalangan sistema* deb ataladi.

Solyubilizatsiya jarayoni o'z-o'zicha ketadi, chunki bu jarayon sistemaning Gibbs energiyasini kamayishi bilan boradi va termodinamik qaytar, muvozanatli jarayon hisoblanadi. Bir xil konsentratsiya va haroratda solyubilizatsiya sistema to'yinguncha davom etadi. Uni muvozanat holatiga keltirish uchun sistemaga uglevodorod qo'shish kerak yoki to'yingan eritmani suyultirish mumkin.



8.7-rasm. Solyubilizatsiya jarayonida modda molekulalarining mitsellalarning ichiga kirib borishi

Solyubilizatsiyalangan sistemalar termodinamik barqaror bo'lsa ham ularni chin eritma deb bo'lmaydi. Ularni kolloid sistemalar deb ataladi, chunki mitsellalarning o'lchami kolloid sistemalarning dispersligiga to'g'ri keladi. Mitsellyar eritmalarining xalq xo'jaligi, sanoatda, meditsinada ahamiyati juda katta. **Masalan**, bunday eritmalarining xususiyati biologik membranalarning xususiyatiga o'xshab ketadi va bu membrananing modeli desa ham bo'ladi. Biologik membranalalar ham mitsellyar eritmalariga

o'xshab organizmdan har xil zaxarli moddalarni, xolestirinlarni yutib tashqariga chiqarib yuboradi.

Mitsellyar sistemalar kir yuvuvchi modda sifatida keng qo'llaniladi. Yuuvish jarayonida, oldingi boblarda aytib o'tganimizdek, teskari mitsellalar qutbli zaryadga ega bo'lgan kirlarni o'ziga solyubilizatsiya qiladi, to'g'ri mitsellyarlar esa yog'dan (*uglevodorodlardan*) hosil bo'lgan kirlarni yutadi. Kir yuvish jarayoni mana shu prinsipga asoslangan. Farmatsiyada esa solyubilizatsiya yordamida suvda erimaydigan moddalardan suvda eriydigan moddalar olishda foydalaniladi. Shu yo'l bilan vitamin **A** va **E** - lar olingan.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Sirt faollik nima?
2. Ionogen va noionogen sirt-faol moddalar.
3. Ionogen sirt-faol moddalarning turlari.
4. Noionogen sirt-faol moddalar qanday moddalar?
5. Sirt-faol moddalar eritmalarida mitsella hosil bo'lishini tushuntirib bering.
6. Mitsella hosil bo'lish kritik konsentratsiyasi (MXQKK).
7. Noorganik tuzlarni qo'shish yo'li bilan MXQKKni qanday pasaytirish mumkin?
8. MXQKKga haroratning ta'siri.
9. Solyublizatsiya nima?
10. Solyubilizatsiyaning ahamiyati.

8.5§. MIKROGETEROGEN DISPERS SISTEMALAR

Kolloid sistemalar *dispersligiga, agregat holatiga, dispers muhitning tabiatiga va fazalar ta'siriga qarab sinflarga bo'linadi*. Shundan dispers faza zarrachalarining o'lchami 100 nm dan katta bo'lgan sistemalar – ***dag'al dispers sistemalar*** deyiladi.

Dispers muhitning agregat holatiga qarab dag'al dispers sistemalar *bir necha xil bo'ladi*:

- *suyuq dispers muhitdan* iborat sistemalar. Ular suspenziya, emulsiya va ko'piklar misol bo'ladi;
- dispers muhiti *gaz yoki havodan* iborat sistemalar. Bularga aerozollar va kukunlar (aralashmalar) kiradi.

Bunday dispers sistemalarning dispers fazasi zarrachalari o'lchamini oddiy mikroskopda ko'rish mumkin va ular **mikroeterogen sistemalar** deyiladi.

Mikroeterogen sistemalarning zarrachalari nisbatan tez cho'kish mumkin. Ular ko'pincha tiniq bo'lmaydi. Mikroeterogen sistemalar tabiatda, qishloq xo'jaligida, oziq-ovqat sanoatida va boshqa sohalarda keng tarqalgandir (*masalan: sut, qaymoq, saryog', o'simlik sharbati, kosmetik kremlar, margarin, tuxum sarig'i, surtma dorilar, pastalar*).

8.5.1§. SUSPENZIYALAR

Qattiq dispers faza va suyuq dispersion muhitdan iborat dag'al dispers sistemalar suspenziyalar deb ataladi. Masalan, suvga tuproq, qum yoki bo'r solib chayqatilsa, suspenziya hosil bo'ladi.



Suspenziyalar liofob zollarga o'xshab *dispergasiya va kondensasiya* usullari bilan olinadi. Dispers faza konsentrasiyasiga qarab suyuq va konsentrlangan suspenziyalarga bo'linadi.

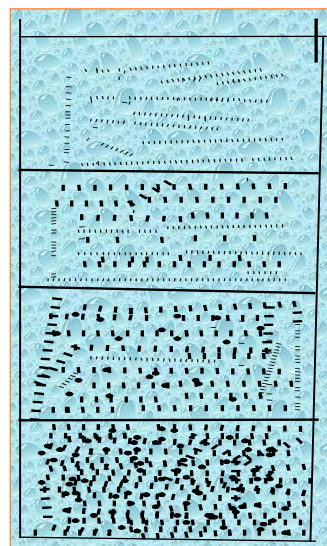
Konsentrlangan suspenziyalar – *pastalar* deyiladi.

Suyuq suspenziyalar loyqa bo'lib, liofob zollardan farqli o'laroq ularda opalessensiya hodisasi kuzatilmaydi. Chunki, yirik zarrachalarga tushgan yorug'lik nuri tarqalmasdan sinadi.

Suspenziyalarda *broun harakati, diffuziya, osmotik bosim* deyarli kuzatilmaydi. Fazalar chegarasida *qo'sh elektr qavati* bo'lishi mumkin.

Suspenziyalarning agregativ barqarorligi, liofob zollar kabi sathlar yuzasidagi Gibbs energiyasining *minimumga intilishi* bilan tushuntiriladi. Ularning *agregativ barqarorligi* stabilizatorlar – **SFM** qo'shib oshiriladi.

SFM molekullari dispers faza zarrachalari sathida adsorbsiyalanib yupqa strukturalangan, mexanik pishiq, dispers muxit bilan yaxshi ho'llanadigan qatlam- *plyonkalar* hosil qiladi. Bunda faqat agregativ barqarorlik oshib qolmasdan, sedimentasiya ham sekinlashadi, chunki *muhit qovushqoqligi* ortadi.



Suspenziyalar – sedimentasion beqaror sistemalar, chunki zarrachalar og'irlik kuchi ta'sirida cho'kadi. *Dispersion muhit ichida dispers fazaning cho'kish jarayoni – sedimentatsiya deyiladi.* Sedimentatsiya hodisasini hamma suspenziyalarda ham kuzatish mumkin, lekin *sedimentatsiya tezligi* har xil bo'ladi.

Suspenziyalarda dispers faza zarrachalarining cho'kish tezligi *muhit zichligiga, qovushqoqligiga va dispers faza zarrachalarining zichligiga hamda ularning radiusiga bog'liq.* Agar t vaqt ichida zarrachaning bosgan yo'li H bo'lsa, sedimentatsiya tezligida $V = H/t$ bo'ladi.

Sedimentatsiya tezligi bilan muhitning qovushqoqligi va zichligi orasidagi bog'lanishi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$V = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 (D - d) g}{\eta_0} \quad (8.1)$$

bu yerda

r – zarracha radiusi,

η_0 – dispersion muhitning qovushqoqligi,

D – zarracha moddasining zichligi,

d – dispersion muhit zichligi,

g – og'irlik kuchi tezlanishi.

Dispers sistema ichida avval yirik zarrachalar, so'ngra o'rtacha undan keyin esa mayda zarrachalar cho'kadi. Bunda albatta, $D > d$ bo'lgan xollardagina cho'kish kuzatiladi. Agar $D < d$ bo'lsa, aksincha dispers faza suyuqlik sirtiga qalqib chiqadi.

Sedimentatsion analiz usullaridan foydalanib zarrachalarning cho‘kish tezligi aniqlanadi. Sedimentatsion analizda **N.A. Figurovskiyning** sedimentatsion tarozisidan foydalaniladi.

8.2-tenglamadan foydalanib, *zarrachalar radiusi hisoblab topiladi*

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot v \cdot \eta}{2g(\rho - \rho_0)}} \quad (8.2)$$

va zarrachalar taqsimlanishi egrisi chiziladi. Bu analiz yo‘li bilan qaysi zarrachadan qanday miqdorda borligini aniqlash mumkin.

8.5.2§. EMULSIYALAR

Emulsiyalar dag‘al dispers sistemalar sinfiga kiradi.

Bir-birida amalda erimaydigan ikki suyuqlikdan iborat mikroeterogen dispers sistemaga emulsiya deyiladi. Shuningdek: bir suyuqlikning maydalangan tomchilarini ikkinchi bir suyuqlikda bir tekis tarqalib hosil qilgan dag‘al dispers sistemaga emulsiya deyiladi.

Emulsiya tarkibidagi suyuqlikdan biri **suv** bo‘lib, unda erimaydigan ikkinchi suyuqlik **moy** deb ataladi. Moy o‘rnida suvda amaliy erimaydigan har xil suyuqliklar *benzol, toluol, xloroform, paxta moyi* va boshqalar qo‘llanilishi mumkin. Emulsiyaning turi, konsentratsiyasi va emulgator tabiatiga qarab suyuqliklardan biri dispersion faza, ikkinchisi dispersion muhit vazifasini o‘tay oladi.

Emulsiya olish uchun suyuqliklar aralashmasi *intensiv chayqatiladi*, ba‘zan *ultratovush to‘lqini* ta’siridan foydalaniladi. Emulsiyaning barqarorligini ta’minlash uchun *emulgator* qo‘shiladi. Emulgator sifatida har xil sirt-faol moddalar va sovun qo‘llanilishi mumkin. Suyuqliklarning zichligi bir-biridan qancha kam farq qilsa, emulsiya shuncha oson hosil bo‘ladi.

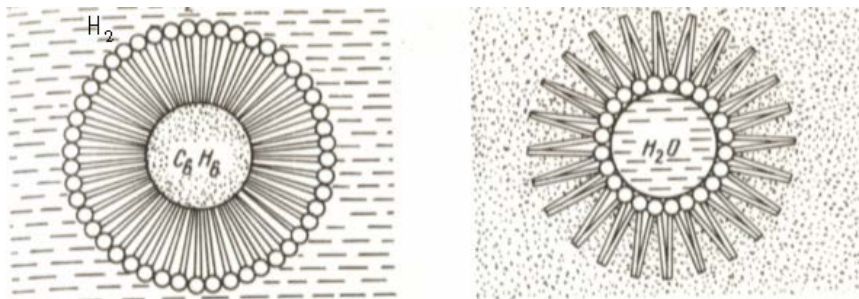
Emulsiyalar dispers muhit tabiatiga qarab *ikki turda bo‘ladilar*:

1 – tur, to‘g‘ri emulsiya, 2 – tur, teskari emulsiyalar.

To‘g‘ri emulsiyada dispersion muhit – *suv*, dispers faza – *moy* bo‘ladi, qisqacha uni moyning suvdagi emulsiyasi, ya’ni: **M/S** – deb belgilanadi. Teskari

emulsiyada esa, muhit *moy* dispers faza *suv* bo‘ladi, uni suvning moydagi emulsiyasi deb atalib, qisqacha: **S/M** – deb belgilanadi.

Emulgator bilan stabillangan 1 va 2 tur emulsiyalar quyidagi rasmda keltirilgan.

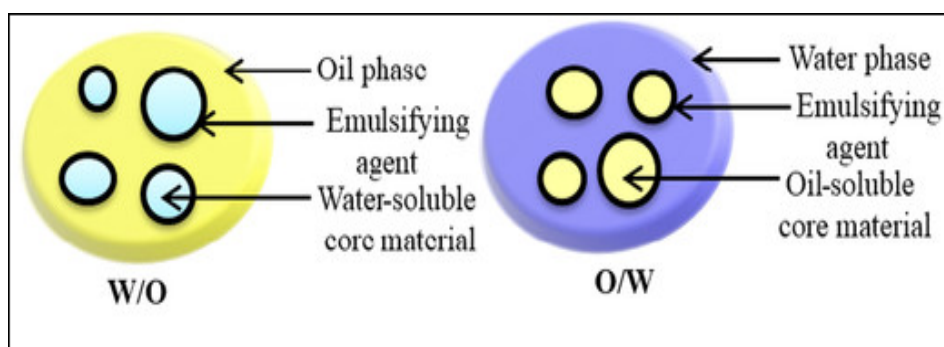


8.8-rasm. M/S va S/M turidagi emulsiya tomchilarining tuzilishi

Qanday turdagi suyuqlik uzluksiz fazani tashkil etilishiga qarab emulsiyalar turlarga ajraladi (8.9 – rasm):

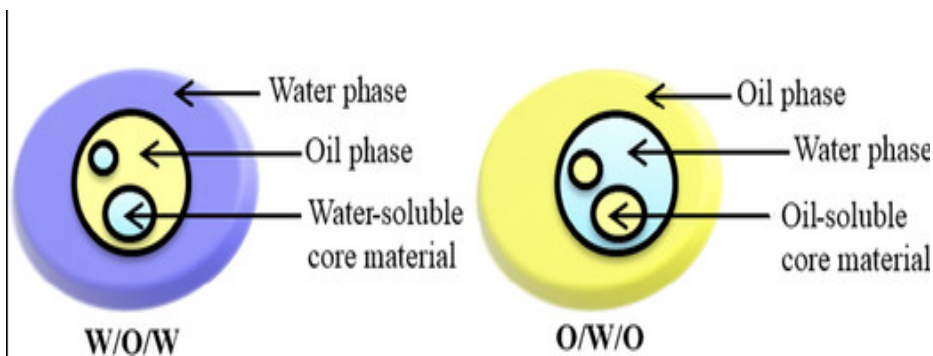
.- suvda tarqalgan yog‘li tomchilar uchun - suvda yog‘ (**S/M**) (rasmda O/W bilan belgilangan)

.- yog‘ ichida tarqalgan suv tomchilari uchun – moyda suv (**M/S**). (rasmda W/O bilan belgilangan)¹



8.9 - rasm. S/M va M/S turidagi emulsiyalarning tuzilishi

¹ Laurier L. Schramm Emulsions, Foams and Suspensions 2005 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

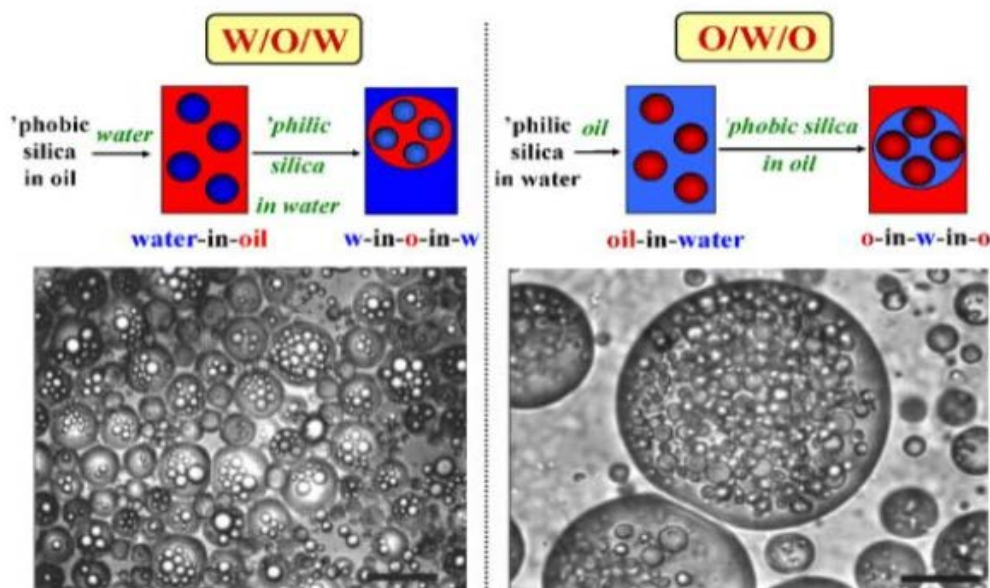


8.10 – rasm. (S/M/S) va (M/S/M) turidagi emulsiyalarning tuzilishi

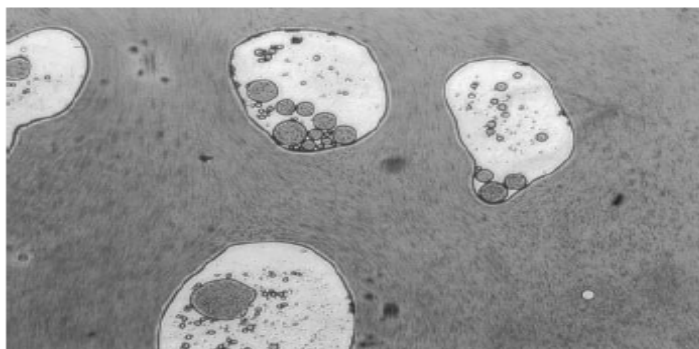
Amaliy holatlarda har doim ham oddiy emas balki **qo‘sh emulsiyalar**¹, ya‘ni **moy-suv-moy (M/S/M)** va **suv-moy-suv (S/M/S)** tarzida ham uchrashi mumkin.

Qo‘sh emulsiya tomchilari juda keng (o‘nlab mm) bo‘lishi mumkin va ichki qavatining ham o‘nlab tomchilari bo‘lishi mumkin. **N.Garti** va **C.Bisperink** tomonidan qo‘sh emulsiyalarning rivojlanishi va qo‘llanilishi o‘rganib chiqilgan.

Ilova:



Hatto **murakkab emulsiya turlari** ham bo‘lishi mumkin; 8.11-rasmda misol qilib keltirilgan **neft xom ashyosi S/M/S/M (W/O/W/O)** emulsiyasidan tashkil topgan. Tashkil topgan emulsiya turi bir qator omillarga bog‘liq.



8.11 - rasm. Murakkab emulsiya turlari

Emulsiyada dispers faza tomchilarining o'lchami, ya'ni diametri 0,1 – 50 mikron oralig'ida bo'lishi mumkin.

Dispers fazaning konsentratsiyasiga qarab emulsiyalar:

Emulsiyadagi dispers fazaning mayda tomchilari o'zaro qo'shilib yirik tomchilar xosil qilishi, nihoyat emulsiyani ikki suyuqlik qatlamiga ajralishi - **koalesensiya yoki emulsiyaning buzilishi**- deyiladi.

a) **suyultirilgan**

b) **konsentrlangan**

v) **yuqori konsentrlangan emulsiyalarga bo'linadi.**

Dispers fazasining konsentratsiyasi **0,1 – 2%** oralig'ida bo'lgan suyultirilgan emulsiyalar

agregativ barqaror emulsiyalar bo'lib, ularga emulgator qo'shish talab etmaydi.

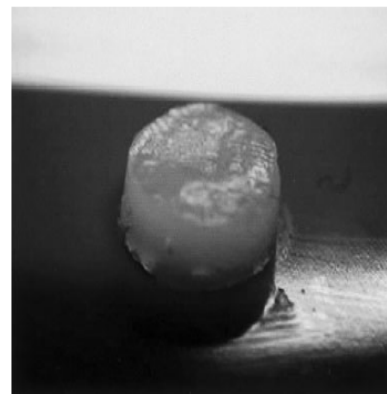
Dispers fazasining konsentratsiyasi **2%** gacha bo'lgan emulsiyalar xam *suyultirilgan emulsiyalar sinfiga kiradi*, biroq ularga emulgator qo'shib barqarorligi ta'minlanadi. Bu sinf emulsiyalarda dispers faza tomchilari *sferik shaklda bo'lib diametri 50 mmk gacha bo'lishi mumkin*. Ular barqaror emulsiya bo'lgani uchun ularda **koalesensiya** jarayoni o'z-o'zicha bormaydi.



Konsentrlangan emulsiyalarning suyultirilgan emulsiyalardan farqi shuki, ularda dispers fazaning miqdori ko'p – **2 dan 74% gacha** bo'ladi.

Bunday emulsiyalarning tomchilari *sferik shaklini* saqlab qoladi va o'lchami 0,1 dan 50 mmk gacha bo'ladi.

Dispers fazaning miqdori 2 – 74% orasida bo'lgani uchun konsentrlangan emulsiyalarda agregativ barqarorlikni ta'minlashda birmuncha faol *emulgatorlar qo'llaniladi*. Bunga sabab ulardagi Broun harakati va diffuziya jarayonidir.



Yuqori konsentrlangan emulsiyalarda dispers fazaning hajmiy konsentratsiyasi 74 – 99% gacha bo'ladi va bunda qovushqoqlik juda yuqori bo'lib, *struktura – mexanik xossalarga ega bo'lib qoladi*. Shuning uchun ularni **jelatinalangan emulsiya** deyiladi. Masalan: agar 1% oleat natriy bilan stabillangan 1-tur emulsiya tayyorlansa, u oquvchanligini batamom yo'qotgan sovun kabi qattiq holatga o'tadi. Uni faqat pichoq bilan kesish mumkin.

Yuqori konsentrlangan emulsiyalarda dispers faza miqdori ortgan sari *tomchilar bir-birini o'zaro deformatsiyalaydi*. Nihoyat, ular yupqa suyuqlik qatlamiga joylashgan emulgator pardasi bilan bir-biridan ajralgan ko'p qirrali **poliedrik shaklga** o'tib qoladi. Haqiqatdan ham agar ushbu emulsiya mikroskop orqali qaralsa, undagi tomchilar xuddi *asalari iniga (sotto ko'rinishga)* o'hshash xolda kuzatiladi. Yuqori konsentrlangan emulsiyalarda dispersion muhit qatlamining qalinligi emulgator tabiatiga qarab 100Å gacha yupqalashishi mumkin. Yuqori konsentrlangan emulsiyalarda tomchilar zich joylashganligi uchun ularning barqarorligi emulgatorning tabiati va konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.



8.12-rasm. **Emulsiya turlari:** konsentrlangan monodispers emulsiya (a), polidispers emulsiya (b), yuqori konsentrlangan emulsiya (v)

Emulsiya barqarorligi emulgator tabiatiga, haroratga, fazalar nisbatiga va boshqalarga bog‘liq.

Emulgatorlarning tabiati barqarorlikni taminlash bilan birga emulsiya turini aniqlaydi. Masalan, gidrofil emulgatorlar asosan suvda yaxshi eriydi va **M/S** turidagi emulsiyani hosil qiladi. Agar qattiq emulgator suvda yaxshi namlangan **M/S** turidagi emulsiya, agar kukun uglevodorodda yaxshi namlangan **S/M** turidagi emulsiya hosil bo‘ladi.

Suv va yog‘ birgalikda yaxshilab aralashtirilsa va kuchli silkitilsa, suvda moy tomchilari tarqalishi va aksincha bo‘lishi mumkin. Chayqalish to‘xtaganda, fazalar ajrala boshlaydi. Sistemaga, emulgator qo‘shilsa, tomchilar qayta disperslanadi va stabilizatsiya emulsiya olinadi.

Emulgator suvni yaxshi ko‘radigan gidrofil (boshcha) va moyini yoqtiradigan gidrofob qismlaridan (dumcha) iborat (*rasmga qarang*).



Emulgator **moy/suv** yoki **havo/suv** chegara sathlarida joylashadi va sirt tarangligini kamaytirish orqali emulsiyani stabilizatsiya qiladi.

Emulsiya hosil qilish qobiliyatiga qo‘shimcha ravishda qo‘shilgan emulgatorlar yoki boshqa oziq-ovqat moddalari bilan ta’sir o‘tkazish mumkin; *masalan, oqsillar yoki uglevodlar*.¹

EMULGATOR SINFLARI

Emulgator turi	M/S turidagi emulsiyalar uchun gidrofil emulgatorlar	S/M turidagi emulsiyalar uchun gidrofob emulgatorlar
Dag‘al emulgatorlar	CaCO ₃ , CaSO ₃ , Fe ₂ O ₃ , Fe(OH) ₃ , SiO ₂ , tuproq, un va boshqalar	HgI ₂ , PbO, PbS, qurum va boshqalar
Kolloid emulgatorlar	Jelatin, kazein, albumin, dekstrin va boshqalar	Qatronlar, kauchuk va boshqalar.
Molekulyar emulgatorlar	Ishqoriy metallar sovunlari, bo‘yoqlar	Ko‘p valentli metallar sovunlari

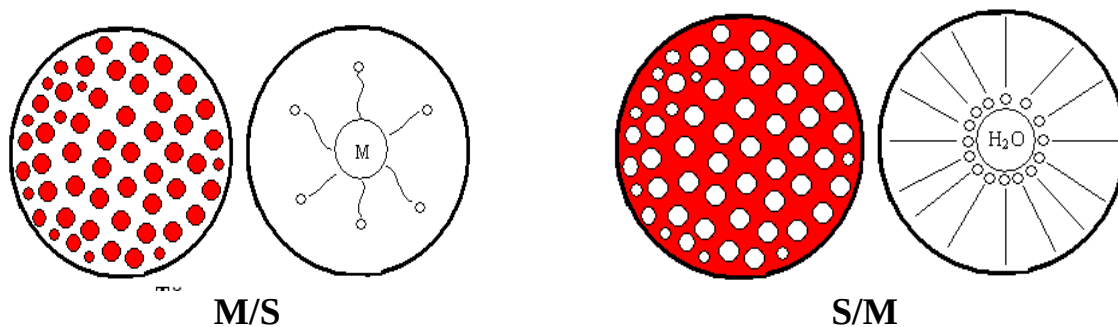
¹ Terence Cosgrove. Colloid Science Principles, methods and applications Second Edition. 2010. John Weley and Sons, Ltd, 118-123 p.

Emulsiya turini aniqlash uchun quyidagi usullardan foydalanish mumkin:

1) *Ortiqcha qutblangan yoki qutblanmagan suyuqlik bilan aralashtirish usuli* – bir tomchi emulsiya shisha plastinka ustiga tomiziladi. Uni yoniga bir tomchi suv yoki moy tomizilib, shisha plastinkani qiyalatish orqali tomchilar birlashtiriladi va qaysi bir tomchining qo‘shilib ketishi kuzatiladi. Olingan suyuqliklarning qaysi biri emulsiya tomchisi bilan qo‘shilib ketsa, o‘sha suyuqlik dispersion muhit xisoblanadi.

2) *emulsiyaning elektr o‘tkazuvchanligi orqali* turini aniqlash mumkin. Bu usul suv va suvli eritmalarining “moy”ga nisbatan sezilarli elektr o‘tkazuvchanlikka ega ekanligiga asoslangan. Buning uchun tekshiralayotgan emulsiyaga tushirilgan ikki elektrod va akkumulyatordan tashkil topgan zanjirga milliampermetr ulanadi. Agar dispersion muhit “suv” bo‘lsa milliampermetr sezilarli darajani ko‘rsatadi. Bordiyu dispersion muhit “moy” bo‘lsa zanjirda tok bo‘lmaydi.

3) *Emulsiyani rangga bo‘yash orqali* ham uning turini aniqlasa bo‘ladi. Buning uchun emulsiyani tashkil qilgan suyuqliklardan faqat birida eriydigan bo‘yoq olinib, bu bo‘yoq emulsiyaga qo‘shiladi va emulsiyaning bir tomchisi mikroskop ostida qaraladi. Masalan, sydan-III moyda eriydigan qizil rangdagi bo‘yoq:

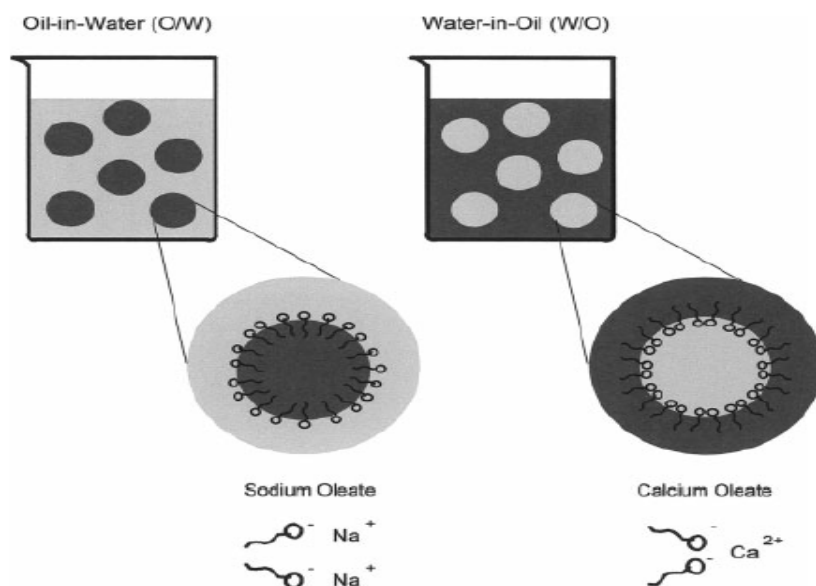
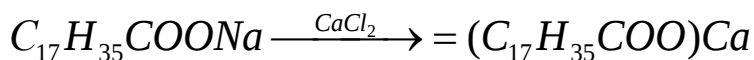


4) *Emulsiya tomchisini gidrofob yoki gidrofil sathni xo‘llashi orqali*. Masalan, emulsiyani filtr qog‘ozni ho‘llashi kuzatiladi.

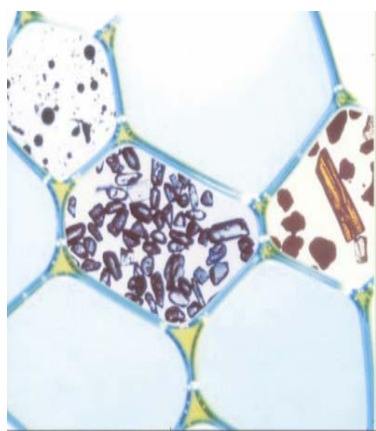
5) *Flyuoressensiya usuli* – S/M turidagi emulsiyalarga ultrabinafsha nur berilsa, yorqin ranglar hosil bo‘ladi.

Agar **M/S** turidagi emulsiyada gidrofil emulgator (masalan, natriy oleat) gidrofob emulgatorga (masalan, kalsiy oleatga) almashtirilsa **S/M** turidagi emulsiya

hosil bo'lishi mumkin. Bir turdagi emulsiyaning ikkinchi turdagi emulsiyaga o'tish hodisasi – **emulsiya fazalarining almashinuvi** deb ataladi.



8.13 – rasm. Emulsiya fazalarining almashinuvi



8.5.3§. KO'PIKLAR

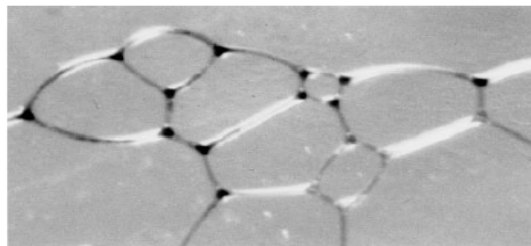
Ko'piklar dag'al dispers sistemalar sinfiga kiradi. Agar emulsiyadagi biror suyuqlik o'rniga gaz olinsa, ko'pik xosil bo'ladi.

Ko'pik – gaz va suyuqlikdan hamda xuddi emulsiyalardagi kabi stabilizatorlardan iboratdir. Gaz pufagi ko'piklarda **mm**, ba'zan **sm** larda bo'ladi. U yupqa suyuqlik pardasi bilan bir-biridan ajralgan holda bo'ladi.

Masalan, suv va xavodan iborat barqaror ko'pik olish uchun **sovun, yetmak va oqsillar** stabilizator sifatida ishlatiladi. Emulsiyalardagi kabi stabilizatorlar sifatida sirt-aktiv modda ishlatiladi. Stabilizator suyuqlikning sirt tarangligini kamaytirib, *mexanik jihatdan mustaxkam pardalar xosil bo'lishini taminlaydi*. Ko'pik pardasi qattiq bo'lganida ko'pik barqaror bo'ladi. Ko'piklarni barqarorligi to'g'risida aniq nazariya yo'q. Ularning barqarorlik mezoni – *yashash davridir*.

Ko‘piklar asosan **disperslash** usuli bilan olinadi – *tez chayqatish, gaz bilan puflash*.

Har qanday ko‘pikni miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun ko‘pikning



ko‘payuvchanligi (*karraliligi*) nomli kattalik “**K**” kiritilgan: $K = V_k / V_c$

bu yerda

V_k - ko‘pik hajmi, V_c - suyuqlik hajmi.

Ko‘piklar ham turmush va texnikada katta ahamiyatga ega.

Masalan, rudalarni boyitishda ishlatiladigan *flotatsiya usuli* ko‘pik xosil qilish jarayoniga asoslangan. Undan tashqari *sathlardan iflosliklarni olib chiqishda, vinochilikda, qandolatchilikda* alohida o‘rin tutadi. Ko‘piklarning ayrim turlari - *aerogellar* katta ahamiyatga ega. Ulardan *izolyatsion sistemalar, mikrog‘ovak charmlar, penoplast ko‘pikshisha* va boshqa sistemalar tayyorlanadi. Konditer maxsulotlari tayyorlashda xam *qattiq ko‘piklar* ishlatiladi.

Qattiq ko‘piklarga misillar:



Porolon



g‘isht



g‘ovakli shokolad

8.5.4§. KUKUNLAR

Kukunlar – dispersion muhiti havodan, dispers fazasi qattiq zarrachalardan iborat mikroeterogen sistemadir. Kukunlarga chang xolatigacha maydalangan *ko‘mir, qurum, zarrachasining diametri har*



xil bo'lgan oksidlar (magniy oksid, titan oksid, rux oksid, temir oksid) bo'r, kaolin, kraxmallar, un va kukun holidagi dorilar kiradi. Zarrachalar o'lchami – 10^{-8} dan 10^{-4} m gacha.

Kukunlarning sath yuzasi katta bo'lib, yuqori adsorbsiyalash qobiliyatiga ega. Ular bir-biriga yopishib, shar shakliga kirib qolishi mumkin. Bu xossasidan granula olishda keng foydalaniladi.

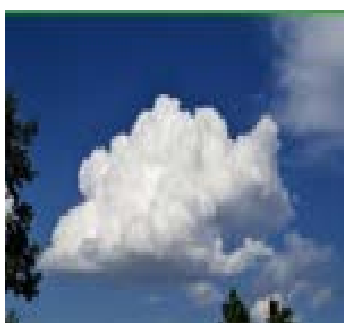
Ba'zi moddalar *masalan*, ko'mir kukun holatiga o'tganida uning g'ovakligi ortib, adsorbsiyalovchi xossasi kuchayadi. Sanoatda ishlab chiqariladigan foydali qazilmalar, mineral o'g'itlar, ohak va boshqa moddalar **granula** holatiga o'tkazib ishlatiladi. Kukunlar tabiatiga va zarrachalarning katta-kichikligiga qarab ko'p sohalarda qo'llaniladi.

Xossalari – *sochiluvchanlik, yopishuvchanlik, yonuvchanlik, portlash* va h.k.

8.5.5§. AEROZOLLAR

Aerozollar – suyuqlik yoki qattiq jism zarrachalarining gaz muhitida tarqalishidan hosil bo'lgan mikroeterogen dispers sistemalardir.

Tabiiy va *texnik aerozollar* ma'lumdir. Tabiiy aerozollar yer atmosferasida sodir bo'ladigan turli - tuman jarayonlar natijasida kelib chiqadi. Texnik aerozollar insonning ishlab chiqarish faoliyati tufayli kelib chiqadi.



Masalan, ruda qazish va uni qayta ishlash, yoqilg'i yoqish, ko'mir qazish, turli materiallarni maydalash, sement ishlab chiqarish va xokazolar. Sanoatda paydo bo'ladigan aerozollar inson salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli texnik aerozollarni yo'qotish jamiyat oldida turgan dolzarb masalalardan biridir.

Qishloq xo'jaligida, sanoatda ishlatiladigan sun'iy aerosollar ko'pchilik xollarda mehnat unumdorligini oshiradi. Sun'iy aerosollar tibbiyotda ham turli kasalliklarni davolashda ishlatilib kelinadi.

Aerosollar dispers fazasining agregat holatiga qarab quyidagicha bo'linadi:

1. dispers fazasi suyuq bo'lgan aerosollar – *tumanlar* ($10^{-7} - 10^{-5}m$)
2. dispers fazasi qattiq bo'lgan aerosollar – *chang* ($10^{-5}m$)
3. dispers fazasi aralash bo'lgan aerosollar – *tutun* (smogi deyiladi; $10^{-7} - 10^{-5}m$)



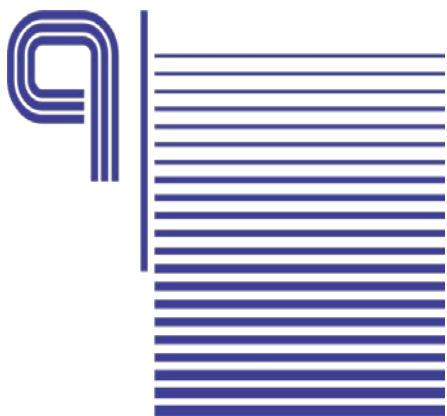
Olinishi: *kondensatsiya usuli* – bug' fazasidan molekulalarni kolloid zarracha o'lchamigacha yiriklash.

Dispergatsiya – bu usulda aerosollar xosil bo'lishi noxush voqealarga olib keladi. Ko'pincha ular yonish reaksiyasi orqali olinadi. Aerosollar yorug'lik tarqatish qobiliyatiga ega. *Qovushqoqligi, zichligi past* – shuning uchun broun harakati, diffuziya tezligi katta. Aerosollarda qo'sh elektr qavat bo'lmaydi. Lekin ular qarama-qarshi zaryadlangan bo'ladi. Shu sababli ular yuqori kuchlanishli elektr maydon hosil qiladi.

Ahamiyati: AgI va PbI_2 aerosollari sun'iy yomg'ir chaqirishda, yoki dolni oldini olishda qo'llaniladi. Tibbiyotda aerosollar ingolyatsiya terapiyasida, teri yaralarini dezinfeksiyalash va qoplashda qo'llaniladi.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Sirt faollik nima?
2. Ionogen va noionogen sirt-faol moddalar.
3. Ionogen sirt-faol moddalarning turlari.
4. Sirt-faol moddalar eritmalarida mitsella hosil bo‘lish mexanizmini tushuntirib bering.
5. Solyublizatsiya hodisasi.
6. Mikroeterogen sistemalar misollar keltiring.
7. Emulsiya turlari va ularni aniqlash usullari.
8. Emulsiyaning buzilishi, deemulgatorlar.
9. Emulgatorlar nima? Ularning qanday turlari mavjud?
10. Emulsiyadagi fazalar almashinuvi qanday tushuntiriladi?
11. Sanoat ahamiyatiga ega bo‘lgan kukunlarni ayting.
12. Suspenziyalar va aerozollar.



YUQORI MOLEKULALI BIRIKMALAR VA ULARNING XOSSALARI

Kolloid kimyo kursida dispers sistemalar bilan bir qatorda *yuqori molekulyar birikmalar* va ularning xossalari ham o'rganiladi.

Yuqori molekulali birikmalar (**YuMB**) ning liofob kolloid sistemalardan *asosiy farqi shundaki*, ular xuddi quyi molekulyar modda eritmaları kabi *termodinamik jihatdan barqaror* bo'lib, o'z-o'zidan hosil bo'ladi. Bu eritmaları chin molekulyar eritmalar deb qaralishi mumkinligi haqida juda ko'p misollar bor.

YuMB kolloid sistemalardan ko'p tarafdin farq qilsa ham, ularning kolloid sistemalar bilan bog'laydigan bir qator xossalari ham mavjud, unga sabab ***zarrachalarining o'lchami***. YuMB (*gidrofil zollar*) chin eritmaları xosil qiladi, *lekin molekulasini kattaligi jihatidan membranadan o'tmasdan kolloid eritma xossalarini namoyon qiladi*. Chunonchi, ***diffuziya tezligining kichikligi, osmotik bosimning pastligi, yarim o'tkazgich pardalardan o'tmasligi*** va boshqalar.

YuMB ga molekulyar og'irliklari $10^4 - 10^6$ va undan katta bo'lgan moddalar kiradi. Molekulyar massasi katta bo'lgani uchun YuMB uchmaydi va bug'lanmaydi (*haydalmaydi*).

Ko'p YuMBlar harorat ortishi bilan *yumshaydi* va aniq erish haroratga ega emas. Harorat pasayganda YuMB ni *elastikligi pasayadi*, -30°C sun'iy kauchuk qotadi. Tabiiy kauchuk – 50°C da qotadi.

YuMB tabiiy bo'lishi mumkin (*oqsillar, sellyuloza, polisaxaridlar, tabiiy kauchuk*), yoki ***polimerizatsiya*** va ***polikondensatsiya*** usullari bilan sintez qilib olinishi mumkin (*plastmassalar, sintetik tolalar*).

Ko'pincha YuMB va polimer bir xil ma'noda ishlatiladi.

Agar **YuMB** ning molekulyar massasi **10000** gacha bo'lsa – **oligomerlar** deyiladi. Undan yuqori massaga ega bo'lganlari – **polimerlar** deyiladi.

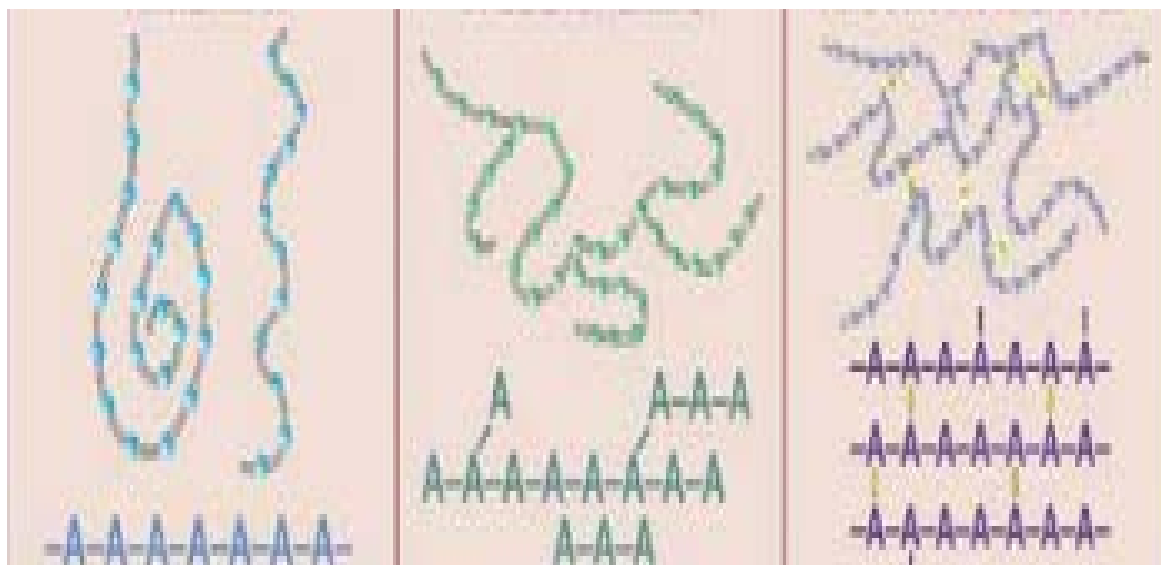
Hozirgi vaqtda sun'iy yo'l bilan juda ko'p polimerlar sintez qilinmoqda. Sun'iy polimerlarning afzalligi shundaki, *ularning xossalarini oldindan belgilab olish mumkin.*

YuMBning molekulalari juda katta bo'lib ular **makromolekulalar** deb ataladi.

Umuman, YuMB ning *molekulyar og'irliklari har xil bo'lib*, polidispers bo'ladi va har xil uzunlikka va og'irlikka ega bo'lgan makromolekulalardan tashkil topgan bo'ladi.

Shu sababli biror bir usulni qo'llab aniqlangan molekulyar massasi o'rtacha molekulyar massa bo'ladi.

YuMBning ko'pgina xususiyatlari *ularning molekulyar og'irligiga va makromolekulasining tuzilishiga bog'liq.* **YuMB (polimerlar)** makromolekulalarining *fazoviy tuzilishiga ko'ra* quyidagi guruhlariga bo'linadi:



Chiziqli polimerlar

Tarmoqlangan polimerlar

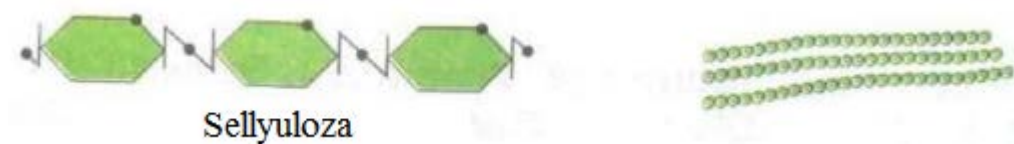
Tikilgan polimerlar

9.1 – rasm. Makromolekulalarning nuzilishi

(keyingi matnlarda rasmdagi **-A-A-** **-M-M-** , yani, monomer deb beriladi)

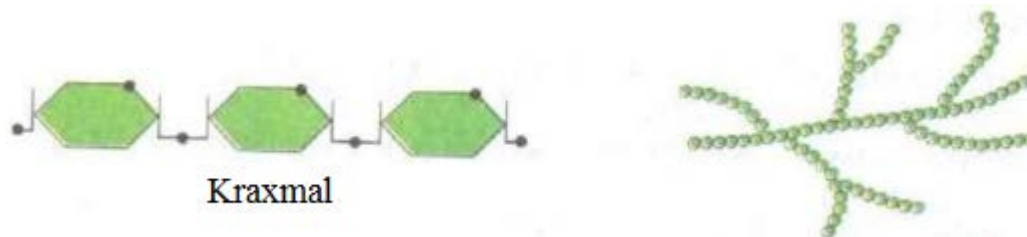
1) **Chiziqli polimerlar** – monomer zvenosining bir xil zanjiridan tashkil topadi: - **M-M-M-M-**

Ularga tabiiy kauchuk, jelatin, sellyuloza kiradi.

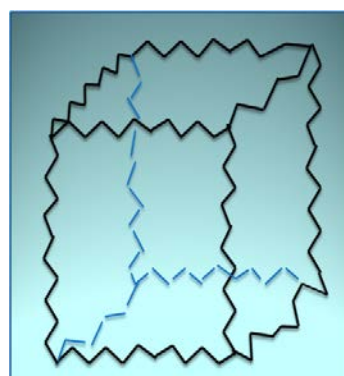
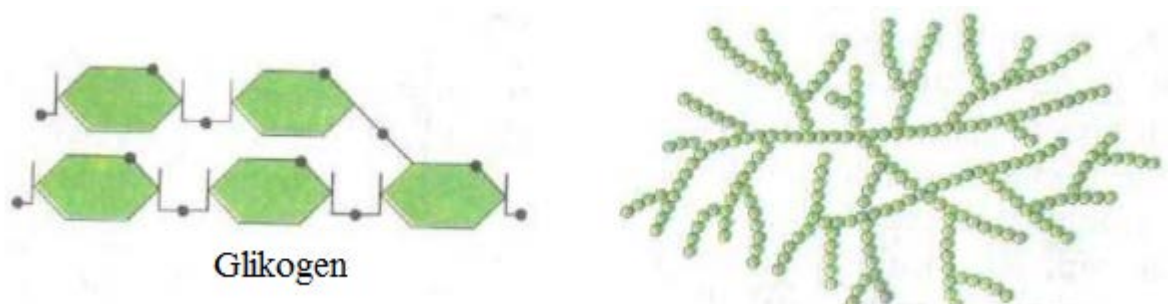


Elastiklik, plyonkalar hosil qilish, eritmadan yoki suyuqlanmadan tola hosil qilish va eriganda qovushqoqligi katta eritmalar hosil qilish chiziqli polimerlar uchun xarakterli xossalardir.

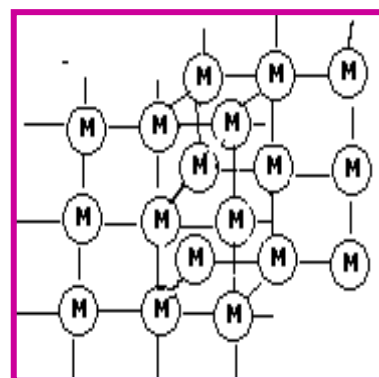
2) **Tarmoqlangan polimerlar** – kraxmal shunday strukturaga ega.



3) **Tikilgan polimerlar** – to‘rsimon (tikilgan) polimerlar uch o‘lchamli polimerlar bo‘lib, ularning zvenolari kimyoviy bog‘langan fazoviy to‘rni hosil qiladi.



yassi to‘r



fazoviy to‘r

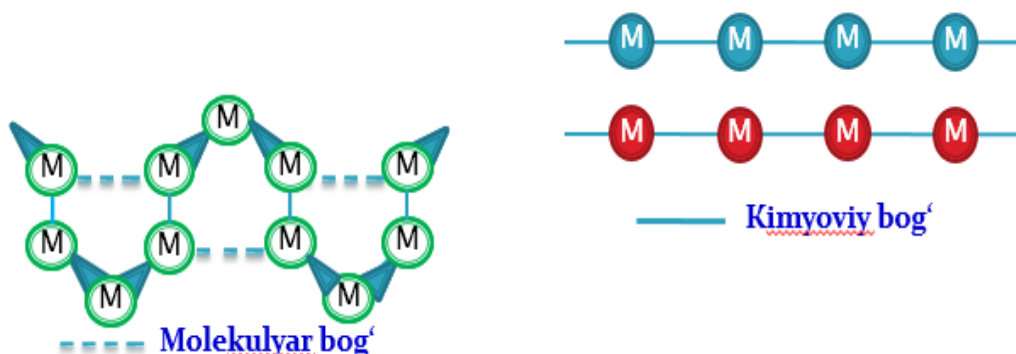
Fazoviy polimerlar texnikada katta ahamiyatga ega. Ular chiziqsimon polimerlarga faol to‘ldirgichlar qo‘shib olinadi. Bunday polimerlar hech qanday erituvchilarda erimaydi.

9.1§. YUMB KIMYOVIY TUZILISHI VA FAZOVIY SHAKLI.

POLIMERLARDAGI BOG‘LAR

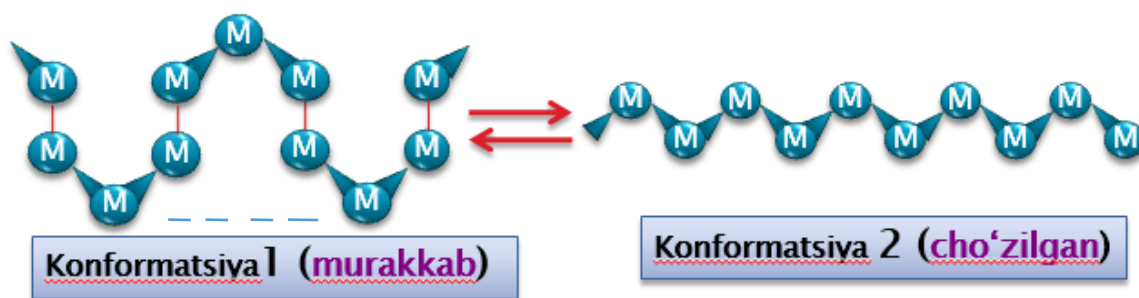
Polimerlar xossasi ulardagi kimyoviy va molekulyar bog‘lar bilan belgilanadi. Monomerlar zvenosidagi *kimyoviy bog‘lar* **-M-M-M-** holida ifodalanadi. Ular mustahkam bog‘lardir; $E_8 \approx 400 \text{ kJ/mol}$.

Molekulyar bog‘lar polimer zanjirlari yoki bitta zanjirning turli joylarida vujudga keladi (16.2-rasm). Bitta molekulyar bog‘ energiyasi $E_8 \approx 10 \text{ kJ/molga}$ teng. Bu kichik qiymat bo‘lib, kimyoviy bog‘ energiyasidan 40 marta kamdir. Lekin bunday bog‘lar *nihoyatda ko‘p bo‘lgani uchun ular polimer xossasiga ancha katta ta’sir ko‘rsatadi*. Masalan, *polimerni isitib, uni bug‘latib bo‘lmaydi*.



YuMB molekulasi uchun yana bir muhim xususiyat *zanjirning qayishqoqligidir*. Bu makromolekulaga *bir konformatsiyadan boshqa konformatsiyaga o‘tib*, fazoviy shaklini o‘zgartirishiga imkon beradi. YuMB makromolekulasining *konformatsiyasi* deganda, polimer zanjirining monomer zvenosini *kimyoviy bog‘larni uzmay burilishi* natijasida vujudga keladigan, energetik jihatdan teng fazoviy shakli tushuniladi.

Masalan, YuMB molekulasi murakkab konformatsiyadan cho‘zilgan xolatga o‘tishi mumkin:

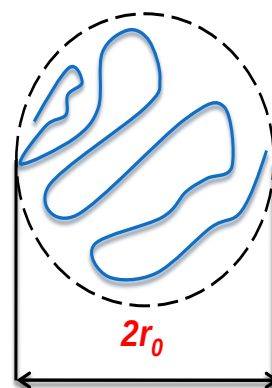


YuMB tortilganda uni zvenosidagi atomlar *kuchli tebranma harakatga* kelib, YuMBni qo'yib yuborish bilan oldingi holiga qaytishga harakat qiladi.

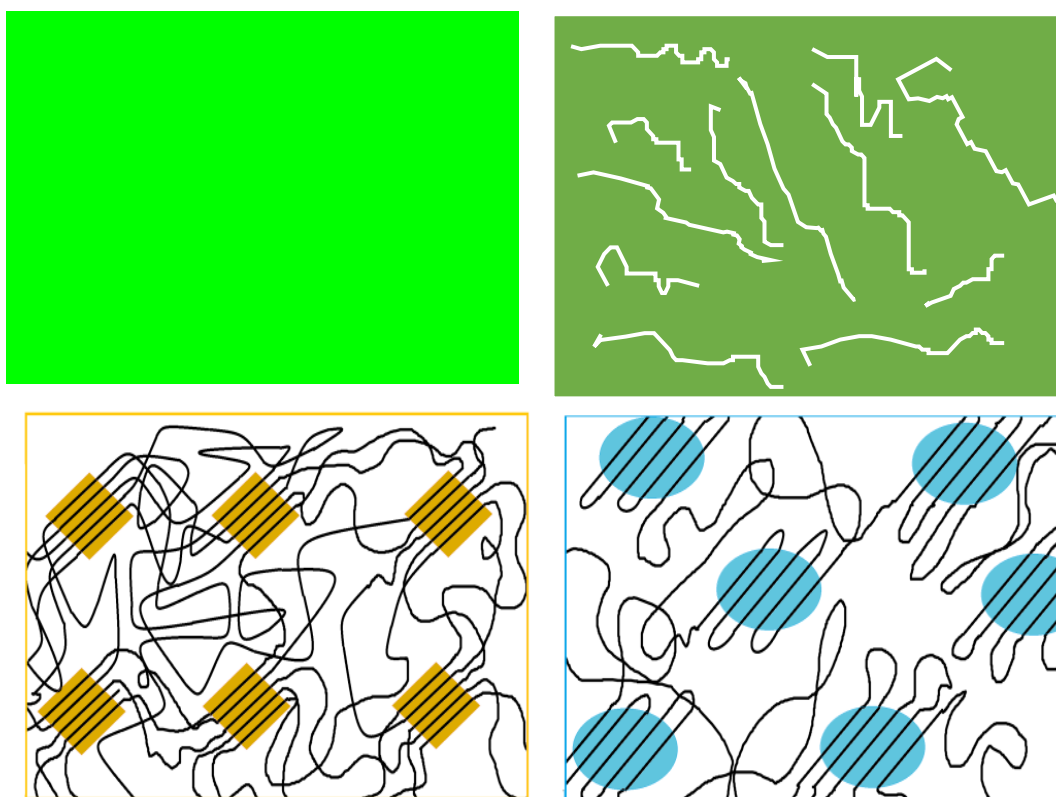
YuMB zvenolarining issiqlik harakati natijasida eng extimoli yuqori shakli bu tuguncha yoki *globula xolatidir*. Juda suyultirilgan eritmalarda qayishqoqligi yaxshi bo'lgan va yakka bo'lgan polimer makromolekulalari gujanaksimon holatda bo'ladi.

9.2 – rasm. YuMB globulasi.

r_0 – sfera radiusi



YuMB *amorf* va *kristall xolatda* bo'lishi mumkin. YuMB makromolekulasi *kristall holatida* bir xil turdagi molekulalarning yuqori hosilalaridan iborat bo'ladi. Ular *tayoqcha, plastinka, shar shaklida* bo'lishi mumkin. Taxminan 70-80 % polimer materiallar kristall holatda olinadi.



9.3 – rasm. Polimerlarning kristall va amorf holatlari

Amorf polimer moddalarida yuqori hosilalar fazoviy strukturada bo‘lib, turli konformatsiyadagi *betartib* (xaotik) joylashgan makromolekulalardan tashkil topadi.

9.2§. YuMB ERITMASINING OSMOTIK BOSIMI

Polimerlar eritmalarining osmotik bosimi liofob kolloid zollarining osmotik bosimiga qaraganda birmuncha *katta*, lekin xuddi o‘shanday og‘irlik konsentratsiyadagi molekulyar eritmalaridan bir necha marta kichikdir. Polimer eritmalarida ba’zi anomal hodisalar kuzatiladi.

Ma’lumki, *osmotik bosim eritmadagi zarrachalar soniga proporsional*, ya’ni zarrachalar soni qancha ko‘p bo‘lsa osmotik bosim shuncha katta bo‘ladi. Agar polimer modda bilan quyi molekulyar moddaning zarrachalari (*molekulalari*) teng bo‘lgan eritmasi olinib osmotik bosimlari o‘lchansa, *polimer eritmasining osmotik bosimi bir necha marta ortiq chiqadi*. Buning sababi shundaki, polimerning zanjirsimon yirik makromolekulalari egiluvchan, ya’ni uning turli qismlari (*segmentlari*) mustaqil harakatlanishi va *bitta katta molekula quyi molekulyar modda molekulalaridan bir qanchasining kinetik ishini bajarishi mumkin*.

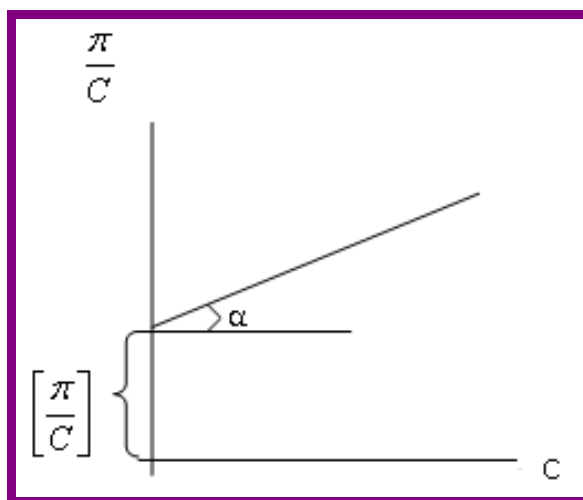
Polimerning suyultirilgan eritmasini bug‘ bosimi xuddi quyi molekulyar moddalarning yuqori konsentratsiyali eritmalarining bug‘ bosimi kabidir. Bunday anomal hodisaning sababi shundaki, polimer makromolekulasi egiluvchanlik, bukiluvchanlik xossalalariga ega. YuMB konsentrlangan eritmalarining osmotik bosimini o‘lchash natijasida hisoblab chiqarilgan molekulyar massalarning qiymatlari boshqa usullar bilan topilgan qiymatlarga yaqin keladi. **Bunday eritmalar Vant - Goff qonuniga bo‘ysunmaydi.** Ularning osmotik bosimini hisoblash uchun **Galler** Vant – Goff formulasiga tuzatish kiritdi:

$$\pi = \frac{CRT}{M} + bc^2 \quad \text{yoki} \quad \frac{\pi}{C} = \frac{RT}{M} + bc, \quad (9.1)$$

bu yerda: π - osmotik bosim, C - YuMB konsentratsiyasi, M – YuMB molekulyar massasi, b – eritmadagi makromolekula shakli, qovushqoqligi bilan bog‘liq bo‘lgan koeffitsiyent, π/C – keltirilgan osmotik bosim.

Osmometrik usul - YuMB larning molekulyar massasini aniqlashda eng sezgir usul hisoblanadi. Polimerning bir necha xil konsentratsiyadagi eritmalarining osmotik bosimlari o'lchanadi, olingan natijalardan foydalanib, $\pi/C=f(C)$ bog'liqlik grafigi tuziladi va polimerning molekulyar massasi hisoblab chiqariladi.

$\frac{\pi}{C} = f(C)$ bog'lanish koordinatalar sistemasida to'g'ri chiziqni beradi. To'g'ri chiziqning ordinata o'qidan kesib o'tgan kesmasi $\frac{\pi}{C} = \frac{RT}{M}$ dan $M = \frac{RT}{[\pi/C]}$ ga teng bo'lishidan foydalanib, **M** hisoblab chiqariladi (9.2).



9.4 – rasm. Polimerlarning molekulyar massasini osmometrik usulda aniqlash grafigi. Bunda $b=\text{tg}\alpha$

Polimerlarning molekulyar massasini aniqlashning ikkinchi usuli *qovushqoqlikni* o'lchashga asoslangan.

9.3§. YUQORI MOLEKULYAR ELEKTROLITLAR (POLIELEKTROLITLAR)

YuMB eritmaları ham quyi molekulyar moddalarning eritmaları kabi *elektrolitlarga* va *noelektrolitlarga* bo'linadi. Yuqori molekulyar elektrolitlar – mitsellyar va molekulyar kolloid eritma hisoblanadi. Eritmada ular makroionlar (*yuqori molekulali zaryadlangan zarrachalar*) va kichik ionlarga (*kichik molekulali*

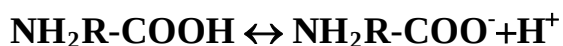
zaryadlangan zarrachalar) ajraladi, ularning o'ziga xos dissotsialanish darajasi bo'ladi.

Polielektrolitlar ikki guruhga bo'linadi:

1. suyuq – mitsellyar va molekulyar kolloidlar eritmasi, oqsillar eritmasi;
2. qattiqsimon – iviqlar.

Oqsillar yuqori molekulyar elektrolitlarga misol bo'la oladi. Uning tarkibidagi karboksil guruh – **COOH** kislota xossalarini, aminoguruh – **NH₂** esa asos xossalarini namoyon qiladi. Shu sababli oqsillar *amfoter* xossaga ega.

Oqsillarning kislotali xossasini quyidagicha tushuntirish mumkin. Oqsil makromolekulalari suvdagi eritmada quyidagicha dissotsilanadi:



bu yerda **R** – uglevodorod radikali. Dissotsiyalanish natijasida vodorod ioni va katta o'lchamli anion **NH₂R-COO⁻** hosil bo'ladi.

Oqsillarning asos xossalari quyidagicha tushuntiriladi: *makromolekula tarkibiga kiruvchi aminoguruh suvdagi vodorod ionlari bilan birikib, eritmada gidroksil ionlarini hosil qiladi:*



Tekshirishlarning ko'rsatishicha, oqsillarning kislotalik xossalari asos xossalaridan kuchlidir. Yuqoridagi muvozonat holati eritmaning pH qiymatiga bog'liq bo'ladi. Toza suvga solinganda oqsil ioni manfiy zaryadga ega bo'ladi. Buning sababi shundaki, oqsil suvda *kislota tarzida* ko'proq dissotsiyalanganligi uchun *juda ko'p vodorod ionlari hosil bo'ladi*. Vodorod ionlari bilan birga oqsilning manfiy zaryadli ionlari ham hosil bo'ladi.

Ammo kislotali muhitda, ya'ni vodorod ionlari ko'p bo'lgan sharoitda oqsilning vodorod ionlari hosil qilish bilan boradigan dissotsiyalanishi zaiflashadi:

1) muvozonat chapga siljiydi va aminokislotalarning vodorod ionlarini biriktirib olish jarayoni kuchayadi.

2) muvozonat o'ngga siljiydi.

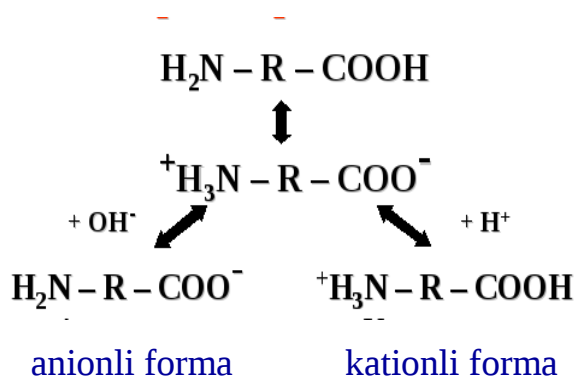
Eritmadagi vodorod ionlarning konsentratsiyasi ma'lum bir qiymatga yetganda bu ikki jarayon o'zaro muvozonatga keladi, ya'ni oqsil molekulari biriktirib oladigan vodorod ionlarning soni

Izoelektrik nuqta (**IEN**) elektroforez yordamida o'lchanadi. IEN da *harakatchanlik nolga teng bo'ladi.*

ular ajralganda hosil bo'ladigan vodorod ionlari soniga teng bo'ladi. *Shuning uchun oqsil zarrachalari sirtida musbat zaryadlarning miqdori manfiy zaryadlarning miqdori bilan baravarlashadi, ya'ni oqsil neytral holatga keladi. Barcha zaryadlarning yig'indisi nolga teng bo'lib, sistema izoelektrik holatga keladi.* Izoelektrik nuqtada oqsil molekulas

$\text{NH}_2\text{-R-COOH}$ yoki OOC-R-NH_3^+ tartibli bo'ladi. Sistemaning izoelektrik holatga kelgan vaqtidagi **pH** qiymati ayrim yuqori molekulyar moddaning izoelektrik nuqtasi deyiladi. Masalan, tuxum albumining izoelektrik nuqtasi 4,8 ga, gemoglobinniki esa 6,7 ga teng.

Oqsil eritmalarida kislota-asosli muvozanat:



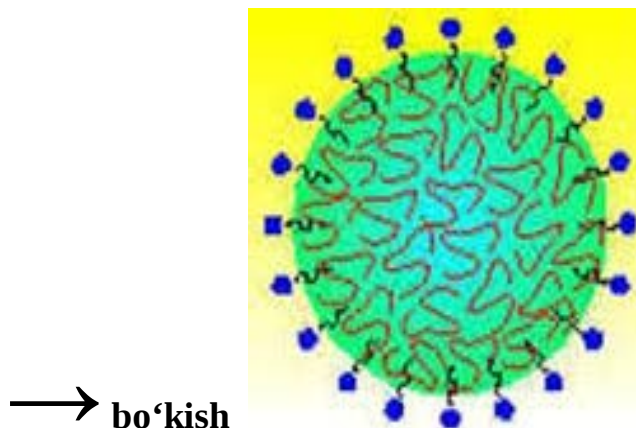
Oqsillar vodorod ionlarini ham, gidroksil ionlarini ham, biriktirib olish xossasiga ega bo'lganligidan ularning eritmaları *bufer eritmalar* vazifasini o'taydi. Qonning buferlik xossasi unda, asosan oqsil – *gemoglobin* borligidan kelib chiqadi. Qondagi anorganik buferlar, ya'ni karbonat va fosfatlar ikkinchi o'rinda turadi.

9.4§. YUMB ERITMALARNING XOSSALARI. BO'KISH

YuMB chin hamda kolloid eritmalar hosil qilishi mumkin. Qaysi eritmalarining hosil bo'lishi YuMBning erituvchilarga moyilligiga hamda konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Agar erituvchining qutblilik darajasi YuMBga

mos kelsa va eritma suyultirilsa chin eritma hosil bo‘ladi. Agar YuMB va erituvchining qutblanish darajasi bir-biriga to‘g‘ri kelmasa, u holda zollar va dispers sistemalar hosil bo‘ladi. **Chin eritma hosil bo‘lishidan oldin bo‘kish jarayoni bo‘ladi.** Bunda erituvchi molekulalari YuMB makromolekulalari ichiga diffuziyalanadi. Natijada YuMB bo‘kadi.

Bo‘kish deb – erituvchi molekulalarini polimer ichiga kirishi natijasida olingan namunaning massasi va hajmini ortishiga aytiladi.



Bo‘kish miqdori bo‘kish darajasi bilan belgilanadi (α):

$$\alpha = \frac{V - V_o}{V_o} \qquad \alpha = \frac{m - m_o}{m_o} \qquad (9.3)$$

m_o – polimerning dastlabki massasi;

v_o – polimerning dastlabki hajmi;

m – bo‘kkan polimerning massasi;

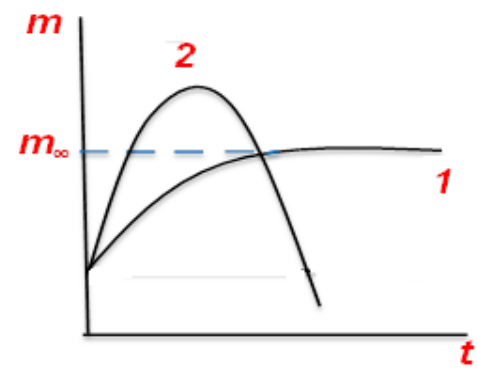
v – bo‘kkan polimerning hajmi.

Erish mexanizmi: Polimerning erishi uning bo‘kishidan boshlanadi. Polimer erituvchiga tushirilganda faqat erituvchining molekulalari polimer makromolekulalari orasiga kiradi. Polimerning makromolekulalari nihoyatda salmoqli bo‘lgani uchun *sust harakatlanadi*. Erituvchiga tushgan polimer bo‘kadi. Bu vaqtda erituvchi molekulalari makromolekulalar orasidagi bo‘sh fazalarni to‘ldirib polimerga yutiladi.

Polimerga yutilgan erituvchining molekulalari polimer zanjirlari zvenolarini bir-biridan uzoqlashtirib, *ular orasidagi ta’sir kuchlarini kamaytiradi*. Bo‘kish shu

tariqa davom etaversa, polimerning makromolekulalari polimerdan uzilib *eritmaga o'tadi*. Polimer eriy boshlaydi. Lekin polimerning bo'kishi hamma vaqt ham erish bilan tugayvermaydi, bo'kkan polimer erimay ham qolishi mumkin. Demak, bo'kish **cheksiz** va **chekli** bo'ladi.

Chekli bo'kishda YuMB bo'kib bir qiymatga yetgandan keyin qancha vaqt o'tsa ham bo'kish darajasi o'zgarmaydi (*jelatina sovuq suvda, rezina benzolda shunaqa bo'kadi*). Bu jarayonlarni grafik usulda quyidagicha ifodalash mumkin:



9.5-rasm. YuMBning bo'kish darajasini vaqtga bog'liqlik grafigi

1-chekli bo'kish; 2-cheksiz bo'kish.

Cheksiz bo'kish YuMBning to'liq erishi bilan tugaydi (*jelatina issiq suvda, kauchuk benzolda*). Bo'kish darajasi polimer zanjirining qattiqligiga bog'liq. Agar polimer *tuzilishida ko'p ko'ndalang bog'lar mavjud bo'lsa* (tikilgan struktura) bo'kish darajasi kichik bo'ladi, *masalan, rezina ebonit benzolda bo'kmaydi*.

9.5§. BO'KISH JARAYONINING TERMODINAMIKASI

Kichik molekuli birikmalar (KMB) YuMBga qaraganda harakatchanroq bo'lgani uchun, bo'kish jarayonida ular **polimer ichiga kiradi**; bunda zanjirlar birbiridan itariladi, polimer hajmi kengayadi. KMBning polimer ichiga kirishi ushbu tengsizlik bajarilganda ro'yobga chiqadi:

$$\mu_0(\text{H}_2\text{O}) > \mu_n(\text{H}_2\text{O})$$

bu yerda $\mu_0(\text{H}_2\text{O})$ - toza suvning kimyoviy potentsiali,

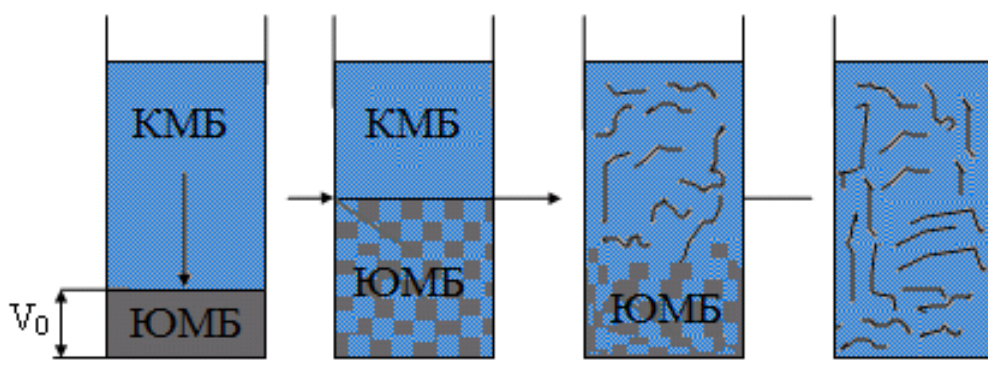
$\mu_n(\text{H}_2\text{O})$ - polimerdagi suvning kimyoviy potentsiali.

Bo'kish o'z-o'zidan sodir bo'ladigan jarayon. Binobarin, termodinamikaning II qonuniga muvofiq bo'kishda Gibbs energiyasining o'zgarishi manfiy qiymatga ega bo'ladi:

$$n(\mu_0 - \mu_n) = \Delta G_{\text{bo'kish}} < 0$$

bu yerda n - polimerga o'tgan suvning molyar miqdori.

Rasmda bo'kish jarayonining ketma-ket sodir bo'ladigan bosqichlari ifodalangan. Bo'kish jarayonida sistemaning *entalpiyasi va entropiyasi o'zgaradi*.



9.6-rasm. Bo'kish bosqichlari

9.6-rasmda 1-bosqichdan 2-bosqichga o'tishda erituvchini polimerga kirishi (*kontraksiya*) ifodalangan. Bu jarayon *issiqlik chiqishi bilan* kechadi: $\Delta H_{\text{bo'kish}} < 0$. Buning sababi YuMB molekulasi solvatlanadi.

Entropiya juda kam o'zgaradi, binobarin, bu bosqichdagi Gibbs energiyasining o'zgarishi *entalpiya omili* (faktori) bilan belgilanadi:

$$\Delta G_{1,2} \cong \Delta H_{\text{bo'kish}} < 0$$

16.6-rasmdagi 2 dan $\rightarrow$ 3 ga o'tish jarayonida esa makromolekulani erituvchining barcha hajmi bo'yicha *tarqalishining dastlabki bosqichi* ko'rsatilgan. Bunda sistemaning entropiyasi ortishi ($\Delta S_{2,3} > 0$) kuzatiladi. Buning sababi polimer to'ri g'ovaklashadi va erish mobaynida polimer molekulasi qisman erkinlashadi.

Sistemaning entalpiyasi bu bosqichda juda kam o'zgaradi ($\Delta H_{2,3} = 0$) va Gibbs energiyasining o'zgarishi entropiya omili tufayli sodir bo'ladi:

$$\Delta G_{2,3} = -T\Delta S_{2,3} < 0$$

16.6-rasmdagi 3 dan $\rightarrow$ 4 ga o'tishda YuMB makromolekulasining erituvchida tarqalishi natijasida gomogen eritma hosil bo'lish jarayonining oxirgi bosqichi ifodalangan. Bu jarayonda *sistemaning entropiyasi keskin ortadi*.

$$(\Delta S_{3,4} \gg 0)$$

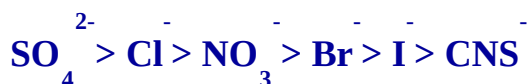
entalpiya bo'lsa, qariyb o'zgarmaydi ($\Delta H_{3,4} = 0$). Chunki, eski bog'larni uzilishi yoki yangilarini hosil bo'lishi kuzatilmaydi. Bu bosqichdagi Gibbs energiyasining o'zgarishi butkul entropiya o'zgarishi bilan tushuntiriladi. Termodinamikaning I qonuniga muvofiq

$$\Delta G_{\text{erish}} = \Delta G_{1,2} + \Delta G_{2,3} + \Delta G_{3,4}$$

$$\Delta G_{\text{bo'kish}} = \Delta G_{1,2} + \Delta G_{2,3}$$

Bo'kish darajasiga turli omillarning ta'siri – polimerning bo'kish darajasi uning va erituvchining tabiatiga bog'liq. YuMBning bo'kishiga yana sistemada *elektrolitlar mavjudligi, muhit pH, bosim, maydalanganlik darajasi, moddaning «yoshi», harorat* ham ta'sir ko'rsatadi.

YuMB eritmalariga ko'p miqdorda *elektrolit qo'shilganda* erigan moddaning ajralib chiqishi «**tuzlanish**» deyiladi. Polimerni tez cho'kishiga yetarli bo'lgan elektrolitning konsentratsiyasi – YuMB larning **tuzlanish chegarasi** deyiladi. Barcha anionlarni tuzlash xususiyatiga qarab quyidagi *liotrop qatorga* joylash mumkin :



Kationlar uchun bu ryad quyidagicha:



!!! Tuzlanish ko'pgina texnologik jarayonlarda katta ahamiyatga ega. Masalan, yelim holatiga keltirilgan sovun eritmasiga ko'p miqdorda osh tuzi qo'shib, qattiq sovun hosil qilinadi. Undan tashqari oqsil va polisaxaridlarni fraksiyalarga ajratishda ham qo'llaniladi.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. YuMB larning kichik molekulali birikmalardan farqi.
2. YuMB eritmasining osmotik bosimi.
3. YuMB makromolekularining tuzilishi.
4. YuMB ning bo‘kishi va bo‘kish darajasi.
5. Chekli va cheksiz bo‘kish.
6. Bo‘kish qiymatiga elektrolitlarni ta’sirini qanday?
7. Polielektrolitlarni izoelektrik nuqtasi.

9.6§. REOLOGIYANING ASOSIY TUSHUNCHA VA QONUNLARI. DISPERS SISTEMALARNING REOLOGIK XOSSALARI

Kolloid sistemalarning molekulyar-kinetik xossalarini namoyon qilishi ularning reologik (*qovushqoqlik*) hossalari bilan uzviy bog‘liq.

Reologiya – bu deformatsiya va moddalarning oquvchanligi haqidagi fan.

Ba’zi bir dispers sistemalar, masalan, suspenziyalar, emulsiyalar, yarim kolloidlarning konsentrlangan eritmaları *elastiklik, egiluvchanlik, mustahkamlik* hossalari ega. Ularning bu xossalari – ***reologik xossalari*** deb ataladi.

Mikroeterogen sistemalar ikki sinfga bo‘linadi:

1. Ozod dispers sistemalar
2. Bog‘liq dispers sistemalar

Birinchi guruh dispers sistemalarda dispers faza zarrachalari erkin holatda suyuqliklar singari harakatlanadi va ma’lum *qovushqoqlikka* ega bo‘ladi. Ularning qovushqoqligi odatdagi suyuqliklarnikidan yuqoriroq bo‘ladi.

Ikkinchi guruh dispers sistemalarda zarrachalar orasidagi *ta’sir kuchlari yuqori bo‘lib*, ular bir-biriga bog‘liq ravishda harakat qiladi. Sistema suyuqroq bo‘ladi. Shunga ko‘ra ular *elastiklik* yoki *plastiklik* xossalari ega bo‘ladi. Bunday sistemalar haqiqiy struktura hosil qilmagani uchun *oquvchan sistemalar* hisoblanadi yoki boshqacha qilib aytganda ***strukturalanmagan sistemalar*** deyiladi.

Ikkihchi guruh sistemalar *strukturalangan suyuqliklar* yoki struktura hosil qiluvchi sistemalar deb ataladi.

Strukturalangan sistemalar (*masalan, konsentrlangan suspenziya, zol, emulsiyalar, molekulyar massasi katta bo'lgan polimer eritmaları*) elastiklik va plastiklik hossalarni namoyon qiladi. Bu sistemalarda dispers faza zarrachalari makromolekulalararo kuchlar hisobiga butun sistema hajmiga tarqaladigan yagona umumiy struktura hosil qiladi. Akademik **P.R. Rebinder** ta'limotiga ko'ra, tutunish kuchlari tabiatiga qarab, barcha strukturalar 2 turga bo'linadi:

1) **koagulyatsion strukturalar** (*tiksotrop - qaytar strukturalar*)

2) **kristallizatsion strukturalar** (*qaytmas strukturalar*)

Koagulyatsion strukturalar deb atalishiga sabab, bu jarayon koagulyatsiyaga o'xshash, biroq koagulyatsiya jarayonidan avvalgi bosqichda turuvchi jarayon bo'lib, qaytar tarzda namoyon bo'ladi.

Koagulyatsion strukturalar hosil bo'lishining asosiy sharti - sirtning bir jinsli emasligi, zarrachalarning liofillangan sirtlarida oz bo'lsa ham liofob soxalarning bo'lishidir. Bunday soxalarda strukturalarning dastlabki zvenolari, ya'ni *nuqtaviy kontaktlar* paydo bo'ladi. Nuqtaviy kontaktlar paydo bo'lishiga ayniqsa, *anizometrik shakldagi uzunchoq va zanjirsimon zarrachalar* (V_2O_5 zoli, *uzunchoq shakldagi makromolekulali polimer eritmaları*) yaxshi sharoit yaratadi. Nuqtaviy kontaktlar o'zaro birikib struktura sirtmog'ini hosil qiladi.

Nuqtaviy kontaktlar zarrachalarning chekkalarida hosil bo'ladi, chunki zarracha chekkalarida qattiq fazaning kuch maydoni zaiflashgan bo'ladi. Strukturalar hosil qilish jarayoni dispers sistemaning barcha hajmiga tarqalsa, sistema alohida bir holatga o'tadi.

Kolloid zarrachalararo yoki polimerlarning makromolekulalari orasida molekulyar tutinish kuchlari ta'sir etishi tufayli ichki strukturalar hosil qilish natijasida o'z oquvchanligini batamom yuqotgan va ichki qismiga suyuqlik tarqalgan dispers sistema iviq yoki gel deb ataladi (lotincha-gelatus-muzlagan so'zidan kelib chiqadi). Bunday strukturalarga *misol* - kisel, xolodes, qatiq.

Kristall zarrachalardan iborat dispers sistemalarda sodir bo'ladigan strukturalar *kristallizatsion strukturalar* deyiladi. Agar strukturalanish ayni sistemadagi zarrachalarning bir-biri bilan bevosita ko'shilishi xisobiga sodir bo'lsa, sistemaning avvalgi va keyingi mexanik xossalari deyarli o'zgarish yuz bermaydi. Gellar bir oz chayqatilsa, ular suyuqlanadi va zolga aylanadi. Bu suyuqlik bir oz tinch qoldirilsa yana gelga aylanadi. Bu jarayon vaqtida harorat o'zgarmaydi.

*Strukturalar hosil qilgan sistemaning (gelning) strukturalar hosil qilmagan sistemaga (zolga) izotermik aylanishi **tiksotropiya** deyiladi.*

Tiksotropiya sxema tarzida quyidagicha ko'rsatilishi mumkin:

Zol ↔ gel; gel ↔ eritma

Tiksotropiya hodisasi zarrachalari *uzunchoq* va *plastinkachalardan* iborat (assimetrik tuzilishdagi) gellarda ko'p uchraydi. Tiksotropiyaga sistemaning *pH, harorat va elektrolit eritmasi* qo'shilishi ta'sir etadi. Bulardan tashqari *idish shakli* va *katta - kichikligi* ham ahamiyatga ega. *Masalan*, zol tor silindrda keng idishdagiga qaraganda tez gelga aylanadi.

Iviqlar (gellar) va ularning xossalari. Ko'pgina YuMB, masalan, agar-agar, jelatina eritmaları hamda ba'zi bir gidrofob kolloid eritmalar – va boshqa ma'lum sharoitda fazalarga ajralmagan holda iviqlanadi yoki jelatinalanadi. Bunda hosil bo'lgan mahsulot iviq yoki gel deyiladi. Iviqlar yoki gellarda dispers faza zarrachalari xuddi eritmalaridagi kabi erkin harakat qilaolmasdan, o'zaro bog'langan holda bo'ladi. Bunday o'zaro bog'langan mitsellalar orasi dispers muhit bilan to'lgan bo'ladi. Ular o'z oquvchanligini yo'qotadi (*to'qimachilik tolalari, non, marmelad, ba'zi mineral va gellar shular jumlasidandir*).

Dispers muhitga qarab gellar quyidagicha nomlanadi:

- dispers muhit suv bo'lsa "*gedrogel*",
- spirt bo'lsa "*alkogel*",
- benzol bo'lsa "*benzogel*".
- suyuqlik miqdori oz yoki butunlay quruq gellar *kserogellar* deyiladi.

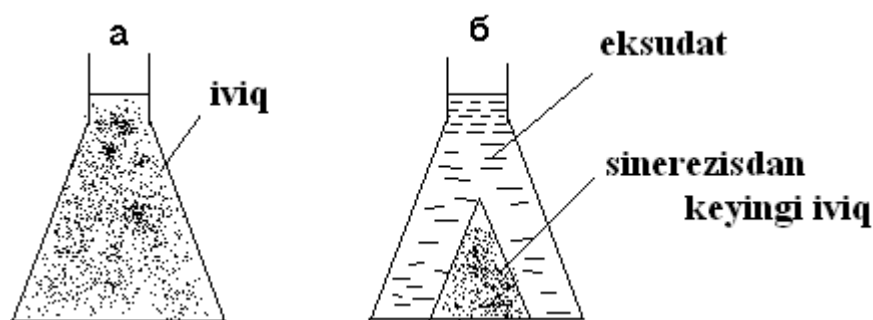
Masalan: yelim, kraxmal, un, qurigan non.

- Juda oz miqdorda (1-2%) quruq modda saqllovchi iviqlar *leogellar* deyiladi.

Masalan: sovun va sovunsimon moddalar shular jumlasidandir.

Tiksotropiya katta amaliy ahamiyatga ega. Masalan, yerni bug‘rilashda burg‘i loy, kvars va boshqa tog‘ jinslari qavatidan o‘tadi. Yerga toza suv quyib parmalanganda tog‘ jinslari quyuq massaga aylanib burg‘ilashni qiynlashtirishi mumkin. Agar suv o‘rniga tiksotrop moy eritmasi (*masalan, bentonit suspenziyasi*) ishlatilsa, bu eritma tog‘ jinsi bilan aralashib, tiksotrop sistema hosil qiladi va burg‘ilashni osonlashtiradi. Ba’zi gellar bir qancha vaqt turgandan keyin *hajmini kichraytirib dispersion muhitni siqib chiqara boshlaydi.*

Gellarnig o‘z-o‘zicha 2 qatlamga (*suyuq eritma va zich gel qatlamlariga*) ajralish jarayoni **sinerezis** deyiladi. Sinerezis natijasida gel qaysi idishda turgan bo‘lsa, o‘sha idish shaklini oladi (9.7-rasm).



9.7-rasm. Sinerezis hodisasi

Bu hodisa sistemaning konsentratsiyasiga, harorat va ba’zi hollarda muhitning pH ga bog‘liq.

Aslini olganda, *ivish* va *sinerezis* jarayonlari bir xil bo‘lib kolloidlarning “*eskirish*” jarayonidagi ayrim-ayrim bosqichlaridir. Ko‘pchilik gellar sinerezis hodisasi natijasida o‘z hajmini kichraytirib *ksereogelga* o‘tadi. Eskirish jarayoni quyidagicha ko‘rsatilishi mumkin:

zol → ivish → gel → sinerezis → kserogel

Agar quruq kserogelga erituvchi solinsa, suyuqlikni shimib olib gelga, gel esa peptizatsiya jarayoni natijasida qaytadan zolga aylanishi mumkin.

Buni quyidagi sxema orqali ko‘rsatish mumkin:

kserogel → bo‘kish → gel → peptizatsiya → zol

Sistemaga *sirtni modifikatsiya qiluvchi moddalar* (sirt-faol moddalar) yoki elektrolitlar qo'shish yo'li bilan sistemaning xossalarini o'zgartirib, strukturalar hosil bo'lishini **kuchaytirish** yoki **susaytirish** mumkin.

Agar dastlabki sistemadagi zarrachalar amorf tuzilishga ega bo'lsa, bunday dispers sistemalarda, kondensatsiya tufayli yangi faza ajralib chiqishi hisobiga hosil bo'ladigan strukturalar **kondensatsion strukturalar** deb ataladi.

Kristall zarrachadan iborat dispers sistemalarda sodir bo'ladigan strukturalar **kristallizatsion strukturalar** deyiladi. *Turmushda ishlatiladigan ko'pchilik qattiq materiallar kristallizatsion strukturalariga ega.* Bular qatoriga *metallar, qotishmalar, kulollik buyumlari, beton* va hokazolar kiradi.

Moddalar **reologik xossalariga** qarab, **suyuqsimon** va **qattiqsimon** turlarga bo'linadi. Suyuqsimon moddalar shaklini tez-tez o'zgartirib turadi. Ularning deformatsiyalanishi o'z-o'zicha, yoki kuch ta'sirida borishi mumkin.

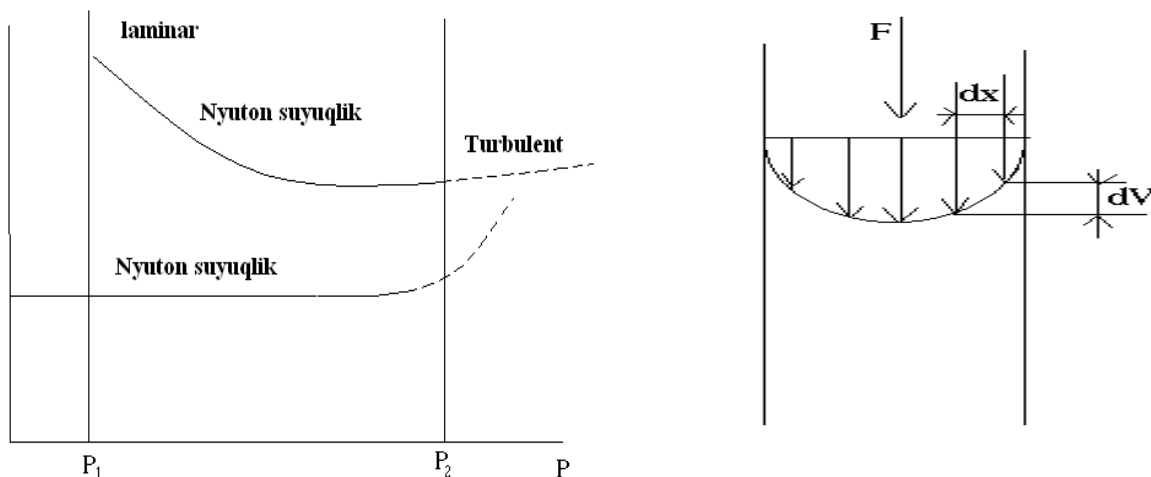
Ma'lumki, suyuqlikka tashqaridan katta kuch qo'yilsa, qatlamlanib oqadi (**laminar oquvchanlik**) va uning qatlamlari orasida *ishqalanish kuchi* hosil bo'ladi.

Suyuqlikning bir qatlami harakatiga uning ikkinchi qatlamining ko'rsatadigan qarshiligi ichki ishqalanish yoki qovushqoqlik deyiladi.

9.7§. YuMB ERITMALARINING QOVUSHOQLIGI

YuMB eritmalariga xos xususiyatlardan biri va eng ahamiyatlisi ularning yuqori qovushoqligidir. **Polimerlarning qovushoqligi** deganda polimerlarni oqish holatda turganda o'zining shaklini o'zgartirishiga qarshilik ko'rsatish xususiyatiga aytiladi. Ayniqsa bu xususiyat chiziqsimon polimerlarda yaqqol namoyon bo'ladi. Chiziqsimon polimerlarga qaraganda **makromolekulalari o'ralib sharsimon (globula)** shaklda bo'lganlarining qovushoqligi kamroq bo'ladi. *Shuning uchun ham polimerning makromolekulasi qancha assimetrik bo'lsa, uning qovushoqligi shuncha katta bo'ladi.* Polimer eritmalarining qovushoqligi molekulyar massasi oshib borishi bilan ortadi. Qovushqoqlik yana polimerning *konsentratsiyasiga* va ular orasidagi *molekulyararo ta'sir kuchlariga* bog'liq.

Polimer eritmaları faqat kichik konsentratsiyalarda (0,1 – 0,01%) **Nyuton** qonuniga bo'ysunadi. O'rta va yuqori konsentratsiyali eritmalar **Nyuton** qonuniga bo'ysunmaydi, ular Nyuton suyuqliklari hisoblanmaydi, chunki ularga bosim berilganda qovushoqliklari keskin kamayib ketadi. *Nyuton suyuqliklarida esa qovushqoqlik o'zgarmay qolishi kerak.*



Nyuton qonuniga ko'ra, suyuqlikka berilgan kuch bilan **F** (bu og'irlik kuchi ham deb ataladi) suyuqlikning oqishga qarshilik ko'rsatish kuchi muvozanatda bo'ladi.

$$F = \eta \cdot S \frac{dv}{dx} \quad (9.4)$$

bu yerda: η – qovushqoqlik;

S – suyuqlik qavatlarining bir-biriga tegib turgan yuzasi;

dv/dx – oqish tezligining gradiyenti.

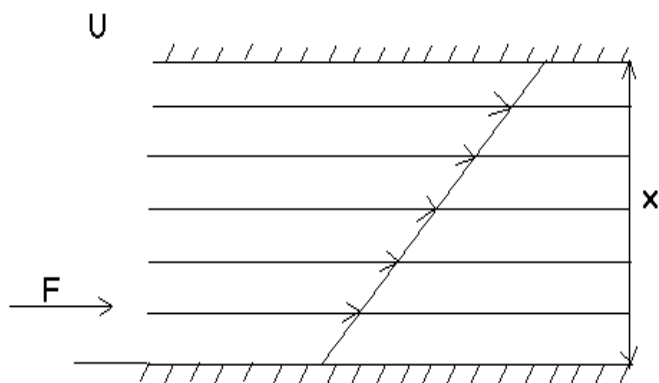
Agar $S=1$, $dv/dx=1$ deb olsak $F=\eta$

Bunda qovushqoqlik suyuqlikning qarshilik ko'rsatish kuchiga ya'ni, ishqalanish kuchiga teng bo'ladi.

Agar 2 ta bir-biriga parallel plastinka olib, orasiga suyuqlik joylashtirilsa va yuqori plastinka pastki plastinkaga nisbatan harakatga keltirilsa, bunda qatlamlar orasida ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Bu kuch **Nyuton** qonuni asosida quyidagicha ifodalanadi:

$$F = \eta \frac{dU}{dx} S \quad (9.5)$$

bu erda: S – kuch ta'sir etayotgan yuza; x – plastinkalar orasidagi masofa; U – zarrachalar tezligi; F – ichki ishqalanish kuchi; dU/dx – tezlik gradiyenti.



9.8-rasm. Suyuqlik qatlamlari orasida ishqalanish kuchining yuzaga kelishi

Qovushqoqlikning birligi **puaz** yoki **santipuazdir**. Bir puaz deb bir-biridan 1sm masofada joylashgan ikki plastinka orasidagi suyuqlikni 1sm masofaga surishga aytiladi. Qovushqoqlik o'zining mohiyatiga ko'ra tezlik gradiyenti 1ga teng bo'lgandagi **kuchlanishga** teng (fizik ma'nosi):

$$\frac{F}{S} = E = \frac{\eta}{dU/dx} \quad \eta = E$$

Qovushqoqlikning o'lchov birligi SGS sistemasida **g/sm.sek**. SI sistemasida **kg/m.sek**. Nyuton qonuniga bo'ysunadigan suyuqliklar **Nyuton suyuqliklari** deyiladi.

Ba'zi hollarda qovushqoqlik o'rnida unga teskari kattalik **oquvchanlik** ishlatiladi. Oquvchanlikni *laminar* va *turbulent* turlari ma'lum.

Odatdagi "normal" suyuqliklarning qovushqoqligi bosimga bog'liq emas. Lekin **Ag, Au, Pt** va boshqa **liofob kolloid zollar** kichik bosimlarda **Puazel** qonuniga bo'ysunadi va laminar harakatda bo'ladi:

$$\eta = \frac{\pi \cdot \rho \cdot r^4 \cdot t}{8 \cdot V \cdot l} \quad (9.6)$$

bunda, l –kapillyar uzunligi, r –uning radiusi, t –vaqt, $\pi=3,14$; V –kapillyardan t vaqt ichida oqib chiqqan suyuqlik hajmi, r –bosim.

Bosim oshirilganda laminar harakat turbulent harakatga aylanadi. Laminar harakatda qovushqoqlik kapillyar uchlaridagi bosimlar farqiga va suyuqlikning oqib o'tish vaqti va kapillyar radiusiga to'g'ri proporsional bo'lib, suyuqlik hajmi va kapillyar uzunligiga teskari proporsionaldir. Bundan suyuqlikning oqib o'tish vaqti uning qovushqoqligiga bog'liq ekanligi ko'rinib turibdi.

Oquvchanlik ham qovushqoqlik singari haroratga bog'liq. Harorat ortishi bilan **Nyuton** suyuqliklarining qovushqoqligi eksponensial qonun bo'yicha

o'zgaradi:

$$\eta_o = Ae^{-\frac{E}{\kappa T}} \quad (9.7)$$

A – haroratga deyarli bog'liq bo'lmagan koeffitsiyent;

E – molekulaning yangi holatga o'tishi uchun sarflanadigan potensial energiya;

k – Bolsman doimiysi;

T – absolyut harorat.

Ko'pchilik lifob – **Ag, Au, Pt, As₂, S₃, AgJ** – zollarning qovushqoqligi *dispersion muhit qovushqoqligidan kam farq qiladi.* Lekin yuqori molekulyar birikmalar eritmalarining qovushqoqligi toza erituvchinikiga qaraganda bir necha marta **katta** bo'ladi. Bunga sabab dispers faza zarrachalarining **o'lchami kattaligi va shaklining har xilligidir.**

Kolloid sistemalar qovushqoqligi ularning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lib, **Eynshteyn** tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$\eta = \eta_o(1 + \alpha\varphi)$$

α – dispers faza zarrachasining shakliga bog'liq bo'lgan kattalik;

φ – dispers fazaning konsentratsiyasi;

η₀ – muhit qovushqoqligi.

Agar kolloid zarrachalar orasidagi ta'sir kuchi hisobga olinmasa, sistema qovushqoqligi uning konsentratsiyasiga proporsional ravishda o'zgaradi. Zarrachalar *sferik shakldagi elastik shar* deb qabul qilinsa, **α** ning qiymati 2,5 ga teng bo'ladi.

Anizodiametrik shakldagi zarrachalar uchun qovushqollik **Kun** tenglamasi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta = \eta_o \left(1 + \alpha \varphi + \frac{1}{16} \cdot \frac{l^2}{d^2} \varphi \right) \quad (9.8)$$

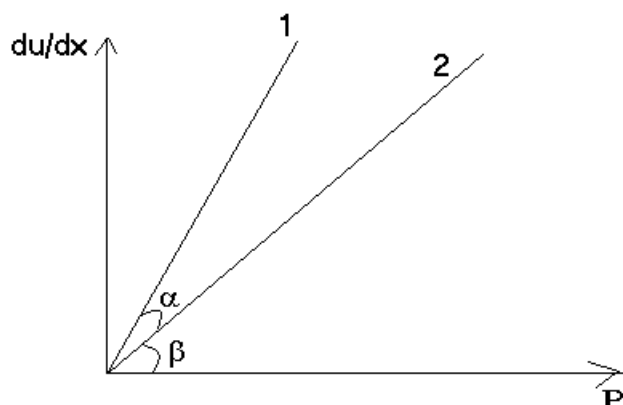
l va **d** - ellipsoidning katta va kichik o'qlari.

Struktura hosil qiluvchi sistemalar qovushqoqligini 1922 yilda **Yu.K.Bingam** tekshirgan. Uning fikricha kolloid sistemalarda hosil bo'lgan koagulyatsion strukturalar kam mustahkam va tiksotropik xossalarga ega bo'lgani uchun ular juda kichik mexanik kuch ta'sirida ham buziladi. Hatto viskozimetrlarning chayqalishi, siljishi bilan struktura buzilib, oquvchanlikka ega bo'lib qoladi. **Bingam** fikricha struktura buzilishi uchun **P-θ > 0** bo'lishi kerak. **P** – siljish kuchlanishi, **θ** – oquvchanlik chegarasi. Shu shart bajarilishi bilan sistema oquvchan holatga o'tadi.

Shuning uchun $P - \theta = \frac{F}{S} = \eta \frac{dU}{dx}$ deb yoza olamiz.

Bundan siljish kuchlanishi $P = \eta \frac{dU}{dx} + \theta$ ga tengdir. **η** – plastik qovushqollik.

Odatdagi plastik sistemalar – **smazkalar, konsentrlangan suspenziyalar** uchun siljish kuchlanishini qovushqollikka bog'liqlik diagrammasini chizadigan bo'lsak, bunda **P** ortishi bilan **θ** ning qiymati ortib sistema oquvchan holatga keladi, sistema qovushqoqligi o'zgarmas qiymatga erishadi.



9.9-rasm. **dU/dx bilan P orasidagi bog'lanish**

1-Nyuton suyuqliklarida; 2-strukturalangan sistemalarda.

α, β - to'g'ri chiziqning absissa o'qi bilan hosil qilgan burchagi.

Bundan plastik qovushqoqlik $\eta' = \frac{P - \theta}{dU/dx} = ctg\beta$ ga teng bo'ladi. Bunga

sabab, oquvchanlik chegarasiga yetganda struktura birdaniga buzilmaydi, balki asta-sekinlik bilan, tezlik gradiyenti ortishi bilan buziladi.

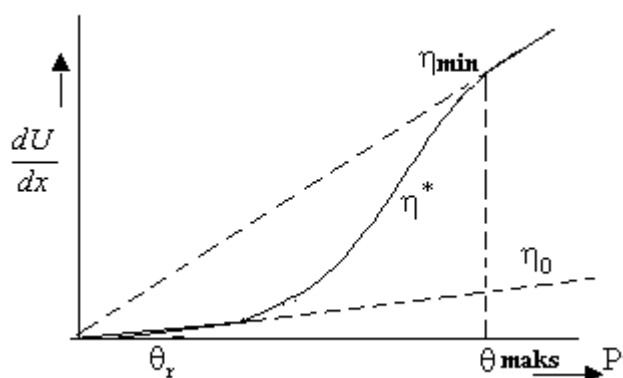
So'nggi yillarda akad. **P.A.Rebinder** va uning ilmiy maktabi, hozirda esa **E.D.Hukin** va uning izdoshlari struktura hosil qiluvchi *plastik sistemalar qovushqoqligini* ancha batafsil o'rganishgan.

Ularning fikricha qovushqoqlikning kichik qiymatlarida struktura buzilib, qayta tiklanib turadi:

struktura ↔ tiksotropiya ↔ zol

Shu sohaga tegishli plastik sistema qovushqoqligi – **effektiv qovushqoqlik**

deyiladi (η^*). Effektiv qovushqoqlikni to'g'ri ifodalash uchun quyidagi diagrammalar chiziladi.



9.10 - rasm. dU/dx va P orasidagi, η bilan P orasidagi bog'liqlik diagrammasi

η_0 – sistema hali buzilmagandagi

qovushqoqlik

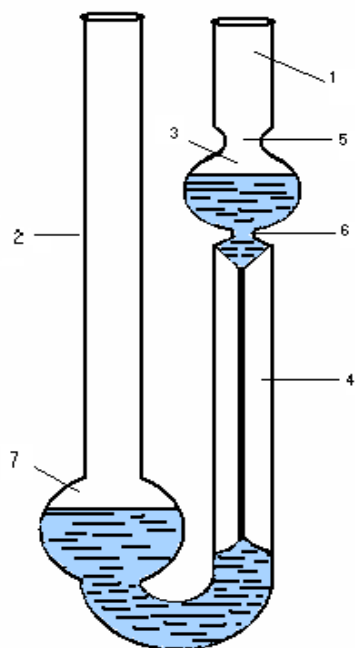
θ_r – kuchlanish, cho'ziluvchanlik (ползучест)dan oquvchanlikka o'tishni ko'rsatadi.

θ_{maks} – siljish kuchlanishi, sistema to'la buzilgandagi qovushqoqlik.

Oqish sekinlik bilan borganda, struktura buzilishi juda kam bo'ladi. Buzilgan struktura ham *tiksotrop tiklanishi* mumkin, bunda *surilish* hodisasi kuzatiladi. *Katta tezlik bilan oqishda struktura buziladi*, bu jarayon tez borgani uchun sistema qayta tiklanishga ulgurmaydi. Siljish kuchlanishining kichik qiymatlarida effektiv qovushqoqlik katta qiymatga ega bo'ladi. Siljish kuchlanishining katta qiymatlarida

effektiv qovushqoqlik ohirgi qiymatga erishadi. $\eta_{\min}$ – qovushqoqlik strukturaning to‘la buzilganligini ko‘rsatadi. Qovushqoqlikni bunday o‘zgarishi temir (III)–gidroksidi va vanadiy besh oksidi zollarida kuzatiladi.

Qovushqoqlik anomaliyasi – bu eritmaning **Nyuton** qonuniga bo‘ysunmasligini ko‘rsatadi. Buning sababi, YuMB molekulalari bir-biriga birlashib katta agregatlar hosil qilishidir. Shu eritmaga bosim berilsa, agregatlar buzilib, qovushqoqlik qiymati kamayib ketadi.



9.8§. VISKOZOMETRIK USULDA YuMB LARNING MOLEKULAR MASSASINI ANIQLASH

Polimer molekulalarining uzunligi turlicha bo‘ladi. Shu sababli biror bir usulni qo‘llab aniqlangan molekulyar massasi *o‘rtacha molekulyar massa bo‘ladi*.

Polimerlarning molekulyar massasini aniqlash usullari bir nechta (osmometriya, krioskopiya, embulioskopiya, fraksiyalash, sedimentatsiya, funksional gruppalar orqali topish). Lekin eng osoni va ko‘p ishlatiladigani viskozometriya usulidir.

Viskozimetrik usul. Bu usul eng sodda va eng oson usul bo‘lib, polimer moddalarning molekulyar massasini keng oraliqdagi qiymatini o‘lchash imkonini beradi.

Polimer eritmasining qovushqoqligini o‘lchashda kapillyar viskozimetrlardan (9.11-rasm) foydalaniladi. Bunda teng hajmda erituvchi va eritmaning berilgan haroratda viskozimetr kapillyaridan oqib o‘tish vaqtlari o‘lchanadi.

9.11 – rasm. **Kapillyar viskozimetr**

Keyin, avval nisbiy, solishtirma va keltirilgan qovushqoqliklar hisoblanadi:

$$\eta_{\text{nisbiy}} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0}; \quad \eta_{\text{sol.}} \frac{\eta_{\text{eritma}} - \eta_0}{\eta_0} = \eta_{\text{nisbiy}} - 1$$

$$\eta_{kelt.} = \frac{\eta_{sol.}}{C}$$

η – eritmaning qovushqoqligi; η_0 – erituvchining qovushqoqligi.

Solishtirma qovushqoqlik polimerlarning molekulyar massasi bilan bog‘liq.

Bu bog‘liqlikni [G.Shtaudinger](#) quyidagi tenglama bilan ifodaladi:

$$\eta_{sol} = K \cdot C \cdot M^{\alpha} \quad (9.9)$$

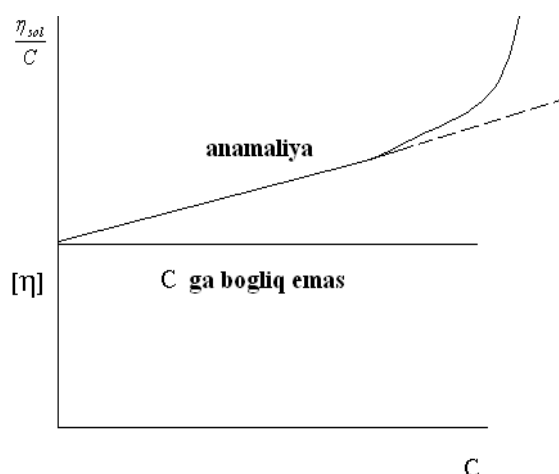
K – bitta polimer gomologik qatori uchun xarakterli doimiy;

α – molekula shakliga bog‘liq doimiylik;

C – polimer eritmasining massa ulushlaridagi konsentratsiyasi.

Eritmaning konsentratsiyasi nolga teng bo‘lgandagi qovushqoqligi **keltirilgan qovushqoqlik $[\eta]$ deyiladi**. Keltirilgan qovushqoqlik $\eta_{kelt.}$ – polimerning konsentratsiyasiga va molekulyar massasiga bog‘liq bo‘ladi. Konsentratsiya ortishi bilan makromolekulalar orasidagi o‘zaro bog‘lanish kuchayadi, bu esa qovushqoqlikning ortishiga olib keladi. Har bir konsentratsiyali eritma uchun keltirilgan qovushqoqlik hisoblanib koordinatalar sistemasida $\eta_{kelt.} = f(c)$ bog‘liqlik grafigi chiziladi.

Eritmaning xarakteristik qovushqoqligi grafikdan **ekstropolyatsiya yo‘li** bilan aniqlanadi.



9.12-rasm. Xarakteristik qovushqoqlikning YuMBni konsentratsiyasiga bog‘liqlik grafigi

Xarakteristik qovushqoqlikning YuMBni molekulyar massasiga bog‘liqligi

Mark-Kun-Xauvink tenglamasi orqali ifodalanadi: $[\eta] = KM^{\alpha}$

K – polimerning molekulyar massiga bog‘liq bo‘lgan kattalik.

α – makromolekulaning shakliga bog‘liq bo‘lib, qiymati 0,5-1,0 orasida bo‘ladi.

Qattiq makromolekulali polimerlarda $\alpha=1$ bo‘ladi va u holda keltirilgan qovushqoqlik makromolekulaning shakliga bog‘liq bo‘lmay qoladi.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Dispers sistemalarda strukturalarning hosil bo‘lishi.
2. Iviq yoki gel deb nimaga aytiladi?
3. Tiksotropiya va sinerezis hodisalar deganda nimani tushunasiz?
4. Qovushqoqlikning fizik ma‘nosi.
5. Dispers sistemalarning qovushqoqligiga izoh bering.
6. Nyuton suyuqliklari.
7. YuMB eritmalarining qovushqoqligi qanday usullar bilan aniqlanadi?
8. YuMB ning molekulyar massasini viskozimetrik usulda aniqlash.
9. Shtaudinger tenglamasi.
10. Xarakteristik qovushqoqlik.



ISHLAB CHIQARISH JARAYONLARIDA VA ATROF MUHITNI MUHOFAZA QILISHDA «KOLLOID KIMYO» FANINING ROLI

Inson esa ona tabiat bilan bevosita bog'liq. O'z davrida **Abu Ali Ibn Sino** “*Odamning salomatligi tashqi muhit bilan chambarchas bog'langan*” deb xaq gapni gapirgan. Yerda odam paydo bo'libdiki, atrof-muhit bilan uzviy bog'liqlikda taraqqiy qilgan. Odamzot o'z taraqqiyotining xamma bosqichlarida tabiatga nisbatan o'zining xukmini o'tkazishga intilgan. Yer - suvdan, tabiat inomlaridan o'z ixtiyoji uchun foydalangan. Xozir taraqqiyotning keyingi bosqichlarida ilm-fan va texnika taraqqiy eta boshlagan davrga kelib tabiiy resurslarga bo'lgan munosabat daxshatli tus ola boshladi. Shaharlarda sanoat korxonalari, energetika man'balari, turli transport vositalari va xokazo *antropogen* omillarning ko'payib ketishi natijasida *ona tabiat ko'p aziyat chekmoqda*. Atrof-muhitga chiqarilayotgan turli xil gazsimon, suyuq va qattiq jismlar xolidagi chiqindilar, ular tarkibidagi zaharli moddalar uzoq davrda shakllangan ekologik uyg'unlikni, jonli unsurlar bilan jonsiz dunyo o'rtasidagi mo'tanosiblikning keskin buzilishiga olib kelmoqda. Natijada yechimi nihoyatda og'ir bo'lgan ekologik muammolar ko'payib bormoqda.

YECHIMI MURAKKAB BO'LGAN EKOLOGIK MUAMMOLAR

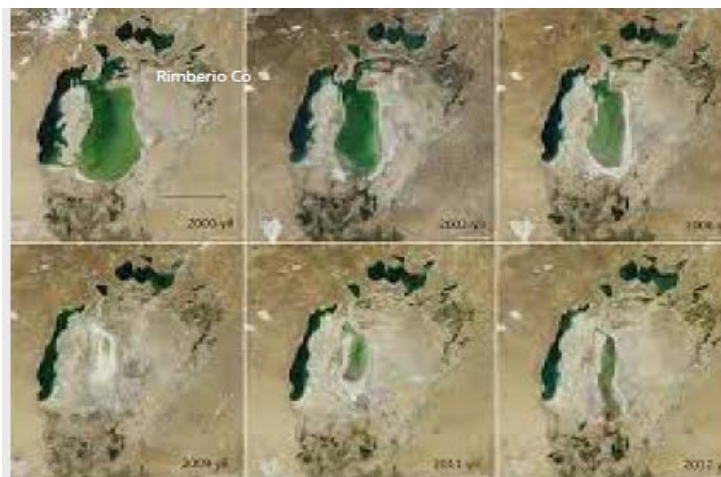
ASOSIY SABAB:

Antropogen omillar:

- sanoat korxonalari
- energetika manbalari
- transport vositalari va h.k.

NATIJA:

Uzoq davr mobaynida shakllanib kelgan ekologik uyg'unlikni, jonli va jonsiz tabiat o'rtasidagi munosabatlar izdan chiqishi.



Bu borada misollar keltiradigan bo'lsak, birgina **Orol muammosi** yetarli. Ma'lumki, Orolning qurub saxroga aylangan satxidan yiliga 300 martagacha takror va takror bo'lib turadigan qum - tuz bo'ronlari O'zbekiston, Qozo-g'iston, Turkmaniston va

boshqa respublikalarning ko'p yerlariga *tuz changini* olib borib, o'sha joydagi tuprog'u zaminni, havo va suvini ifloslantirmoqda. Shuning uchun xam Orol fojiasini oldini olish va uni to'xtatish borasida Xalqaro jamiyatlar xam ko'p xayrli ishlar qilmoqdalar.

Ikkinchi misol, bu **“Ozon yorig'i”**. Ma'lumki sayoramizni qalin O_3 gazi (*malekulasi 3 ta kislorod atomidan tashkil topgan*) qatlamlari o'rab turadi shu gaz tufayli yer yuzida hayot ramzi va ko'rsatgichlari mavjuddir. Chunki, u quyoshdan yerga tushayotgan nurlar tarkibidagi *gamma nurlarini* o'zida *“ushlab”* qoladi. Ana shu muhim ekologik omil xam bir qancha olimlar fikricha, *keyingi yillarda yemirilmoqda*. Shu narsa aniq bo'lyaptiki, ishlab chiqarish korxonalari va turli jabhalarda qo'llanilayotgan sovutgich moddalar (masalan, *“freonlar”*) xlorli, ftorli xar xil karbon - vodorod (*gazsimon*) birikmalari xavo muhitiga chiqarilishi natijasida **“Ozon yorig'i”** paydo bo'layapti. Sababi, shu moddalar bilan ozon *reaksiyaga kirishishi* natijasida uning miqdori ozayib ketayotganidan kelib chiqmoqda. Shu narsalardan tegishli xulosalar chiqarilmasa, ya'ni havoning ifloslantirishga barxam berilmasa ancha aktiv xisoblangan xlor va ftorli karbon - vodorodlar atmosferaga chiqishi davom etaversa, ***yerda hayot katta xavf ostida qolishi mumkin***. Bu muammolarni xal qilishda kolloid kimyo fanining yutuqlari va kolloid sistemalarining ishlatilishi (*masalan, orol dengizi hududidagi tuz bo'ronlarini kamaytirish maqsadida faollangan bentonitli gilmoyalardan foydalanilmoqda*) ancha katta ahamiyat kasb etadi.

Biz hozirgi paytda texnika va tabiatni muhofaza qilishga oid masalalarni yechishda qator dispers sistemalariga duch kelamiz. *Masalan*, flotatsion to'liqiniga etibor bersak, unda ham suspenziya, ham emulsiya, ham kolloid - dispers sistema va nihoyat, eritma borligini ko'ramiz. Ishlab chiqarish obektlari bilan aloqador sistemalar (*havo muhitida va oqar suvda*) ham yuqorida keltirilgan mikroeterogen, ultramikroeterogen, kolloid - dispers va molekulyar eritmalar majmuasini uchratamiz.

Barcha ishlab chiqarish korxonalarida *aerozollar* muhim ahamiyatga ega. Ular koinotda keng tarqalgan. Kometalar aerezollardan tashkil topgan (*gaz, chang, bulut*). Tabiatdagi barcha obektlarda dispers sistemalar bor. Shu sababli, *tabiatda disper sistemalarni rolini bilish va ularni boshqarish* – ishlab chiqarishda uchraydigan konkret masalalarni xal qilishda va tabiatni muhofaza qilishda katta ahamiyatga ega.

10.1§. AEROZOLLARNING ISHLAB CHIQRISHDAGI ROLI

Sanoatning barcha sohalarida xar xil ishlab chiqarish jarayonlarida aerezollar xosil bo'ladi. *Masalan*, burg'ilashda, portlatish paytida, kombayn yordamida rudani mashinaga ortish paytida va x.z. Ko'mir, torf va boshqa yoqilg'ilarni biriktiruvchi fabrikalarda ham aerezollar xosil bo'ladi. Og'ir ishlarni mexanizatsiyalash kuchaygan sari chang xosil bo'lishi ham kuchayadi. *Chang esa turli kasalliklarni kelib chiqishiga sabab bo'ladi*(silikoz, ineqmononioz va boshqalar). Shuning uchun changga qarshi kurashish borasida bajariladigan tadbirlar juda katta ahamiyatga ega. *Masalan, ko'mir shaxtasidagi changning miqdori 470 - 500 mb/m³ yetadi. Agar shu shaxta qazishdan oldin sug'orilsa changning konsentratsiyasi 200 - 300 mb/m³ ga kamayadi. Agar vintilyatsion tadbirlar bilan tashqariga chiqarib turilsa, konsentratsiyasi 30 - 40 mb/m³ gacha kamayadi, ammo tashqaridagi atmosfera ifloslanadi.*

Sement zavodidan chiqqan chang zavod atrofidagi joylarga (2 - 3km masofaga) tarqaladi, ba'zan **10 km** gacha yetadi. Aerezollarni tutib qolishda

adsorbsiya va xo'llanish protsesslaridan va sirt-aktiv moddalardan keng foydalaniladi.

Havoni aerezollardan tozalash ikki usul bilan olib boriladi:

- 1) tarkibida zararli qo'shimchasi bo'lgan aerezolning xosil bo'lishini to'xtatish;
- 2) aerezolning yemirilishi.

Tog' ishlarida massivlarni oldindan suv bilan sug'orilib aerezollar xosil bo'lishi kamaytiriladi. Suv tarkibiga esa **sirt - faol moddalar** (SFM), ya'ni ko'pik xosil qiluvchi moddalar qo'shiladi. Xavodagi changni yo'qotish uchun maxsus uskunalar ishlatiladi. Bir xil joylarda, masalan Germaniyada, kalsiy xloridli paketdan foydalaniladi. U gigroskopik modda bo'lgani uchun xavodagi namni tortib, rezdani xo'llab turadi.

Xavoni tozalashning ikkinchi usuli - **“aerezolni yemirish”**. Bu usul bilan aerezolni tashkil etgan ko'p fazali moddalar sistemasini bir fazali gazlar sistemasiga aylantiriladi. Bunda aerezollarni elektr xossalaridan foydalaniladi. Aerezollar muallaq xolatda turganida gaz ionlarini yutib zaryadlanib qolishi mumkin. Gaz ionlari tabiiy radiatsiya ta'siri tufayli xosil bo'lib turadi. Ammo, ishlab chiqarish sharoitida ularning zaryadlanishi uchun atmosferadagi mavjud ionlarning konsentratsiyasi kamlik qiladi. Shuning uchun aerezollarni yemirish uchun xavodagi ionlarni konsentratsiyasini ko'paytirishni xar xil usullari mavjud. Keng tarqalgan usullardan biri bu **elektr filtrlardan foydalanish**. Elektr filtrlarda katod vazifasini bajaruvchi metall tayoqchaga bir necha ming volt yuqori kuchlanish berilganida katod yaqinidagi xavo kuchli ravishda ionlanadi. Bu apparat orqali aerezol o'tkazilganda aerezol zarrachasi manfiy zaryadlanadi. Apparatning trubalariga musbat zaryad beriladi. Apparatning trubalariga musbat aerezolning manfiy zaryadli zarrachalari truba devorlariga urilib, o'zining zaryadini yo'qotadi va neytral zaryadli kukun shaklida apparat devorlariga o'tkaziladi. Aerezolning yemirilishidan xosil bo'lgan gazlar esa gazlarni tozalashda qo'llaniladigan usullar bilan ayrim-ayrim komponentlarga ajratiladi.

Yoqilg'i sanoatida gazlarni tozalash usullari adsorbsiya va absorbsiya prinsiplariga, shuningdek u yoki bu moddaning yutilishi, xo'llanish xodisalarga asoslangan. Adsorbsion usulda gazlarni tozalash turli gazlarni adsorbentga tanlanib yutilishiga asoslangan. *Masalan*, gazlarni SO_2 dan tozalashda adsorbent sirtida alyuminiy oksid, NO_2 dan tozalashda esa silikogel ishlatiladi.

10.2§. HAVONI GAZ HOLATIDAGI CHIQINDILARDAN TOZALASH

Atmosferani toza saqlash tabiatni muhofaza qilishning ajralmas qismidir. Gaz xolatidagi sanoat chiqindilari asosan tuman yoki tutun holida bo'ladi. **Tutun** - ichida qattiq modda zarrachalari bo'lgan gazlar aralashmasidan iborat sistemadir. **Tuman** - ichida suyuqlik tomchilari bo'lgan gazlar aralashmasidan iborat sistemadir.

HAVONI GAZ HOLATIDAGI CHIQINDILARDAN TOZALASH

Bunda tozalash jarayonida turli konstruksiyadagi filtrlardan foydalaniladi. Chiqindi gazlar zaharli moddalardan maxsus adsorbent yordamida tozalanadi.

- NO
- NO₂
- CO
- SO₂
- Cl₂
- HCl
- HCN

- aktivlangan ko'mir;
- sintetik materiallar;
- sun'iy materiallar;

Adsorbent gaz muhitidagi moddalardan ayrim komponentlarni o'ziga tanlab yutadi. Keyin adsorbentda yutilgan moddalarni ajratib olib, adsorbentni qaytadan ishlatish mumkin.

Qattiq va suyuq qo'shimchalardan ozod bo'lgan gaz aralashmani endi kimyoviy usullar bilan tozalash mumkin. Bu maqsadda neytrallanish, oksidlanish, qaytarilish reaksiyalaridan keng foydalaniladi.

14

Gaz xolatidagi chiqindilarni tozalash uchun quruq va ho'l usullar qo'llaniladi. Quruq usulda tozalashda turli konstruksiyadagi filtrlardan foydalaniladi. Chiqindi gazlar zaharli moddalardan (NO , NO_2 , CO , SO_2 , Cl_2 , HCl , HCN) maxsus adsorbent (*aktivlangan ko'mir, sintetik va sun'iy materiallar*) yordamida tozalanadi. Adsorbent gaz muhitidagi moddalardan ayrim komponentlarni o'ziga tanlab yutadi. Keyin adsorbentdan yutilgan moddalarni ajratib olib, adsorbentni qaytadan ishlatish mumkin.

Gazlar aralashmasini tozalashda ho‘l usullar. Gaz aralashmasidagi turli komponentlarning suyuqliklarda turlicha eruvchanligiga asoslanadi. Erituvchi sifatida suv, ishqorlarning eritmalari, ohakli suv, margenets oksidlari, suspenziyalardan foydalaniladi. Gazlar aralashmasidagi ayrim komponentlar shu suyuqliklarga yutilganidan keyin erituvchilarni qizdirish yo‘li bilan yutilgan gazlar chiqarib olinadi. Erituvchini tozalab, qaytatdan ishga tushiriladi.

Qattiq va suyuq qo‘shimchalardan ozod bo‘lgan gaz aralashmani endi, kimyoviy usullar bilan tozalash mumkin. Bu maqsadda *neytrallash, oksidlash, qaytarish reaksiyalaridan* keng foydalaniladi.

Shu yo‘l bilan gazlarni azot oksidalaridan oltingugurt (IV)-oksididan va sianid kislotadan tozalash mumkin.

Masalan, azot oksidlari va SO₂ oksidlash, kislota va asos moddalarni neytrallash, xlor va ba’zi oksidlarni qaytarish yo‘llari bilan gaz aralashmalar yo‘qotiladi. Gazlarni tozalash uchun qo‘llaniladigan oksidalanish va qaytarilish reaksiyalarini amalga oshirishda katalizatorlardan keng foydalaniladi.

10.3§. SUVNING IFLOSLANISHI VA UNI MUHOFAZA QILISH

Daryo va boshqa suv havzalariga ishlab chiqarish va uy-ro‘zg‘or ishlari tufayli hosil bo‘lgan oqova suvlarni oqizish natijasida oqar suvlar ifloslanadi. Suvni bug‘latuvchi moddalarning hammasini quyidagi uch guruhga bo‘lish mumkin:

1. *Oksidlanish uchun kislorod iste‘mol qiladigan moddalar.* Ular jumlasiga turli kasalliklar tarqatuvchi bakteriyalar holida viruslar, organik moddalar, hayvonot va o‘simlik chiqindilari, yuvish vositalari, insektitsidlar, gerbitsidlar kiradi.

2. *Oksidlanmaydigan moddalar.* Ular jumlasiga minerallar, kimyoviy reagentlar kislota, asos, tuzlar, shaxtalardan chiqadigan oqava suvlar, anorganik kimyo sanoatining chiqindilari, radioaktiv moddalar kiradi.

3. *Mikroeterogen va ultramikroeterogen dispers sistemalar (kolloidlar), belgitslar (ustidagi loyqa suspenziyalar)* ham suvni iflos qiluvchilar jumlasiga kiradi.

Odatda oqova suvlarni suv havzalariga tashlashdan avval suvga ishlov berish kerak.

Oqova suvlarga **uch qayta ishlov berish** tavsiya etiladi.

- **Birlamchi ishlovda** oqava suvni filtrlab yirik axlat va qattiq moddalardan tozalanadi. So'ngra suv tindiriladi. Bunda balchiq hosil qiluvchi moddalar suv tubiga cho'kadi. Cho'kish jarayonini tezlatish maqsadida suvga oz miqdorda zararsiz koagulyantlar qo'shilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu kolloid kimyoning "**zollarni koagulyatsiyasi**" qonuniyatlariga asoslangan.
- **Ikkilamchi ishlov** birlamchi ishlovdan chiqqan suvni aeratsiya qilishdan iborat. Buning uchun suv tagidan havo berib turadigan aeratsiya kamerasi orqali o'tkaziladi. Buning natijasida aerob bakteriyalar rivojlanadi, ular suvdagi organik moddalarni iste'mol qilib, aktiv balchiqlar hosil qiladi. Balchiq suv tubiga cho'kadi. So'ngra tozalangan suvga ozgina xlor qo'shib, oqar suvga tushirib yuboriladi.

Birlamchi va ikkilamchi ishlov berilgandan keyin xam ayrim oqava suvlarda zaxarli moddalar - *mishyak, selen, simob* va boshqa metallarning zaxarli ionlari qoladi. Ularni yo'qotish uchun suvga turli usullar bilan **uchinchi ishlov** beriladi. Bu kolloid kimyo fanining **adsorbsiya qonuniyatlariga** asoslangan.

Rudalarni boyituvchi va briketlovchi fabrikalarning oqova suvlaridan qayta foydalanishda **koagulyatsiya va peptizatsiya** ayniqsa muhim ahamiyatga ega. Suvni quvur orqali uzoq masofalarga yuborishda ham suvga *peptizatorlar* qo'shishga to'g'ri keladi, ayni holda quvurda cho'kmalar hosil bo'lib, suvning o'tishi qiyinlashadi. Ishlab chiqarish jarayonida **gel hosil bo'lishi** ham katta ahamiyatga ega. Gel hosil bo'lishiga yordam beruvchi qo'shimcha sifatida *sirt faol moddalar* qo'shiladi. Ko'mir qazib chiqarishda qazilma massivlarini sug'orishda qo'llaniladigan eritmaga eruvchan shisha (*natriy silikat*) qo'shilsa, gel hosil bo'lishi ancha yaxshilanadi. Eritmada gel hosil bo'lishi uchun natriy silikat miqdori 2-2,5% chamasida bo'lishi mumkin. Hosil bo'lgan gel ko'mir qavatlaridagi darzlarni

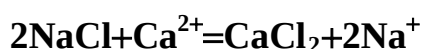
berkitib, namni uzoq vaqt saqlaydi, metanni adsorbsiyalanishini pasaytiradi, ko‘mir qavatlaridagi changni yutib oladi.

10.4§. ISHLAB CHIQUYARISH JARAYONIDA UCHRAYDIGAN DISPERS SISTEMALAR

Turli ishlab chiqarish jarayonlarida ko‘pincha, dispers sistemalar hosil bo‘ladi. *Masalan*, ruda boyituvchi fabrika pulpasi, asosan suspenziyadan iborat; uning tarkibida emulsiyaga aylangan va eritmaga o‘tgan moddalar ham hosil bo‘ladi. Rudani boyituvchi fabrikalarda flotatsion reagentlarning, briket fabrikalarda yopishtiruvchi (*adgeziv*) moddalarning emulsiyaga aylanishi ayni korxonaning texnologik sxemasini amalga oshirishda eng muhim bosqichlardan biri hisoblanadi.

Rudalarni boyituvchi va briketlovchi fabrikalarning oqava suvlaridan qayta foydalanishda koagulyatsiya va peptizatsiya ayniqsa muhim ahamiyatga ega.

Foydali qazilmalarda boradigan koagulyatsiya va gel hosil bo‘lish jarayonlarining samaradorligiga shaxta suvida bo‘lgan ionlalararo almashinish hodisalari ham katta ta‘sir ko‘rsatadi. *Masalan*, tarkibida osh tuzi bo‘lgan toshko‘mir eritmaga botirib qo‘yilsa, kalsiy ionlar ko‘mirdan eritmaga, natriy ionlar esa eritmada ko‘mirga o‘tadi:



aksincha, takribida CaCl_2 bo‘lgan eritmaga toshko‘mir solib qo‘yilsa, kalsiy ionlar ko‘mirga, natriy ionlar ko‘mirdan eritmaga o‘tadi. 2-5% li osh tuzi yoki CaCl_2 eritmali qo‘llanilganida eng yaxshi natijaga erishiladi.

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Qanday ekologik muammolarni bilasiz?
2. Dispers sistemalarning ekologik muammolarni yechishdagi roli.
3. Havoni chiqindilardan tozalashda sorbentlarning o‘rni.
4. Havoni chiqindilardan tozalashda adsorbsiyaning ahamiyati.

5. Ifloslangan suvni tozalashda kolloid kimyo fanning ahamiyati.
6. Ko'mir va silikogel qanday adsorbentlar jumlasiga kiradi?
7. Aerozollar qanday dispers sistemalar?
8. Suvni bulg'atuvchi moddalar qanday guruhlarga bo'linadi?
9. Suvni tozalashda qanday adsorbentlar ishlatiladi?
10. Tabiatda ro'y beradigan kolloid – kimyoviy jarayonlar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. A.S.Sidikov, M.N.Mavlonova. Kolloid kimyo. Darslik. - T.: Fan va texnologiyalar, 2019. – 446 bet.
2. H.S.Talipova, J.S.Qayumov, O.S.Boboqulova, N.Sh.Zulyarova. Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo (kolloid kimyo qismi) fanidan laboratoriya va amaliy mashg'ulotlar. O'quv qo'llanma. TKTI. 2019. 216 bet.
3. K.S. Axmedov. Kolloid kimyo. Darslik. - T.: O'zbekiston, 1992. – 262 bet.
4. G'.Raxmonberdiyev, T.Dustmurodov, A.Sidiqov. Fizik va kolloid kimyodan masalalar. O'quv qo'llanma. - T.: Fan va texnologiya, 2006. – 171 bet.
5. Terence Cosgrove. Colloid Science:Principles, methods and applications, 2010
6. Drew Mer. Surfaces, interfaces and colloids. 1999. John Weley and Sons, New York, 492 p.
7. H.S.Talipova, J.S.Qayumov, O.S.Boboqulova, N.Sh.Zulyarova. Kolloid kimyo fanidan ma'ruzalar matni. O'quv-uslubiy qo'llanma. TKTI. 2019. 403 bet.

**KOLLOID KIMYO FANI BO‘YICHA AYRIM ATAMALARNI
IZOHLI LUG‘ATI**

Kolloid –	- grekcha “yelim”, “yopishmoq” yoki kleyga o‘hshash moddalar demakdir.
Sistema –	- shartli ravishda tashqi muhitdan ajratilgan, bir-biri bilan doimiy ta’sirda bo‘lgan moddalar guruhi.
Faza –	- geterogen sistemaning o‘z termodinamik xossalari va kimyoviy tarkibi bilan farq qiladigan gomogen qismi.
Gomogen –	- bir fazali sistema.
Geterogen –	- chegara sirt bilan ajralib turadigan ko‘p fazali sistema.
Disperslik –	- maydalanganlik darajasi, tarqalgan ma’nosida.
Liofil –	erishga moyil sistemalar.
Liofob –	- erishga moyil bo‘lmagan sistemalar.
Sirt taranglik –	- fazalararo chegara sirtning 1m^2 yoki 1m^2 yuzasiga muvofiq keluvchi erkin energiya.
Sirt-faol moddalar –	- sirt taranglikni kamaytiruvchi moddalar.
Adsorbsiya –	- qattiq jism va suyuqliklarning fazalararo sirtlarida boshqa moddalarning yig‘ilishi.
Sathdagi hodisalar –	- dispers sistemalar fazalar chegarasida kuzatiladigan, sath qatлами tarkibi va tuzilishiga bog‘liq bo‘lgan jarayonlar.
Sirtning erkin energiyasi –	- fazalararo sirt kattalikning sirt taranglik koeffitsintiga ko‘paytmasi.
Adgeziya –	- turli fazadagi modda zarrachalari (atom va molekulalar) orasida o‘zaro tortishish kuchlarning namoyon bo‘lishi <i>adgeziya</i> deb ataladi
	ayni fazadagi modda zarrachalari (atom va molekulalar) orasida o‘zaro tortishish kuchlarning namoyon bo‘lishi

Kogeziya –	<i>kogeziya</i> deb ataladi. Kogeziya moddaning uzilishiga bo‘lgan qarshiligini, ichki bosimi va hokazo xossalarni xarakterlaydi.
Adgezivlar –	- qattiq sirtlarning o‘zaro yopishishiga yordam beruvchi moddalardir. Adgeziv jismga adsorb-langanida shu qattiq sirtni ikkinchi qattiq sirt bilan yopishtiradi. Adgezivlar organik, noorganik va murakkab tarkibga ega bo‘lishi mumkin.
Absorbsiya -	- qattiq jism yoki suyuqlikning butun hajmiga gaz yoki bug‘ning yutilishi.
Adsorbsiya -	- biror modda sirtida gaz fazadan yoki eritmadan erigan modda molekularini (ionlarini) boshqa modda sirtida o‘z-o‘zidan to‘planish jarayoni.
Xemosorbsiya -	- yutilish jarayoni adsorbent va adsorbtiiv molekulalarining kimyoviy ta’sirlashuvi natijasida sodir bo‘lsa xemosorbsiya deyiladi.
Kapillyar kondensatsiya -	- gazlarning sorbsiya vaqtida qattiq jism g‘ovaklarida o‘z kritik haroratidan past haroratda kondensatlanib suyuqlikka aylanishi.
Desorbsiya -	- adsorbtiiv molekulalarining adsorbent sathidan chiqib ketishi.
Maksimal adsorbsiya (G_{∞}) -	- to‘yingan adsorbsion qavat hosil bo‘lishi.
M.Polyani nazariyasi	- polimolekulyar adsorbsion qavatlar hosil bo‘lish hodisani tushuntirib berdi. Unga asosan adsorbsiyalangan molekulalar qavat-qavat bo‘lib joylashadi.
BET nazariyasi	- bug‘larning adsorbsiyalanishiga doir yangi polimolekulyar adsorbsiya nazariyasi. Bu nazariyaga binoan adsorbsiyalangan faza ayrim-ayrim molekulalar zanjiridan tashkil topadi.
Adsorbsiyalanish gisterezisi (yoki gisterezis xalqasi)	- izoterma diagrammasida adsorbsiyalanish va desorbsiyalanish izotermalari bir chiziqda yotmaydi.
Sirt-faol moddalar -	- sirt taranglikni kamaytiruvchi moddalar.

Sirt faollik -	- sirt-faol moddaning suyuqlikning sirt tarangligini pasaytirish qobiliyatini miqdor jihatdan ifodalaydigan kattalik bo‘lib, asosan moddaning kimyoviy tuzilishiga bog‘liq.
Gibbs tenglamasi -	- suyuqlik sirtidagi adsorbsiya bilan sirt taranglik o‘rtasidagi miqdoriy bog‘lanishni ifodalaydi.
Dyuklo-Traube qoidasi -	- organik kislotalarning gomologik qatorida kislota tarkibida bitta $-CH_2$ guruh ortishi bilan kislotalarning suv sirtidagi adsorbsiyasi taxminan 3 – 3,5 marta ortadi.
Ion almashinish adsorb-siyasi -	- bu adsorbsiyada amalda erimaydigan adsorbent yuzasidan ionlar eritmaga dissotsiatsiyalanadi, shu vaqtning o‘zida eritmada ekvivalent miqdorda boshqa ionlarni shimadi. Bunday adsorbentlar ionitlar deyiladi.
Ionitlar -	- kislota, asos yoki amfoter xarakterga ega bo‘lishi mumkin.
Kationitlar -	- kislota xarakterga ega bo‘lib, eritma bilan kation almashadi.
Anionitlar -	- asos xarakterga ega bo‘lgan sorbentlar bo‘lib, eritma bilan anion almashadi.
Tanlanib adsorbsiyalanish-	- “adsorbent eritmada o‘ziga o‘xshash yoki o‘z kristall panjarasi tarkibiga kiruvchi ionlarni yaxshi adsorbsiyalaydi”.
Xromatografiya -	- samarali ajratish usullaridan biri bo‘lib, moddalarni adsorbentga tanlanib, ketma-ket yutilishiga asoslangan.
Dispergatsiya—	- yirik zarrachalarni maydalash.
Kondensatsiya —	- kichik zarrachalarni yiriklashtirish.
Peptizatsiya —	- yangi tushgan cho‘kmani qaytadan kolloid eritma holatiga o‘tkazish.
Fizik kondensatsiya —	- dispersion muhitga qattiq jism bug‘ini yuborib kolloid eritma hosil qilish.
Kimyoviy kondensatsiya —	- kimyoviy reaksiyalar yordamida kolloid eritmalar olish.
Stabilizator —	- zarracha sirtiga adsorbsiyalanib, ularning turg‘unligini oshiruvchi modda.

Dializ –	- kolloid eritmalarni yarim o‘tkazgich membrana yordamida tozalash.
Elektrodializ –	- dializni elektr maydonida o‘tkazish.
Ultrafiltratsiya –	- dispers sistemalarni bosim ostida tozalash.
Ultratsentrafuga –	- kolloid eritmalarni markazdan qochma kuch yordamida tozalash.
Diffuziya	- eritmaning butun hajm bo‘ylab konsentratsiyasini o‘z-o‘zidan tenglashishiga diffuziya deyiladi.
Fikning birinchi qonuni	- eritmaning katta konsentratsiyali qismidan kichik konsentratsiyali qismiga ma’lum vaqt ichida ko‘chib o‘tadigan modda miqdorini aniqlaydi.
Broun harakati	- broun harakati molekulyar-kinetik tabiatga ega bo‘lib, dispers muhit molekulalarining issiqlik harakati natijasida vujudga keladi.
Sedimentatsiya	- og‘irlik kuchi ta’sirida dispers faza zarrachalarining idish tagiga cho‘kishiga sedimentatsiya deyiladi.
Zarrachalarning siljishi	- ma’lum vaqt ichida zarrachaning bosib o‘tgan yo‘li.
Kolloid eritmaning rangi	- yorug‘lik (nur) tushganda eritma rangining o‘zgarishi.
Yorug‘lik intensivligi	- tushayotgan nurning kuchi.
Faradey - Tindal effekti	- kolloid eritmaga yorug‘lik nuri tushirilsa va biror burchak orqali qaralsa, konus shaklidagi yorug‘likning ko‘rinishi.
Reley qonuni	- kolloid eritmaga tushayotgan nurning to‘lqin uzunligi bilan kolloid zarrachalarning soni va hajmi o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalaydi.
Nefelometriya	- kolloid eritmaning og‘irlik konsentratsiyasini, zarrachaning xajmini aniqlash usuli.
Ultramikroskopiya	- kolloid zarrachalarning o‘lchamini aniqlash usuli.
Elektron mikroskop	- kolloid zarrachalarning ichki strukturasi va jarayonlar vaqtida o‘zgarishini aniqlashga imkon beradi.
Rentgenografiya va elektro-	- zarrachalarning ichki tuzilishi, dispers faza sirtini

nografiya	o'rganishga asoslangan.
Qo'sh elektr qavat	- bir-biriga tegib turgan fazalar chegarasida qarama - qarshi ishorali zaryadlarning hosil bo'lishi.
Elektroforez	- kolloid zarrachalarning tashqi elektr maydonida harakat qilishi.
Elektroosmos	- suyuqlikning elektr maydonida g'ovak jism orqali elektrodlar tomon harakati.
Adsorbsion qavat	- bevosita zarracha sirtiga adsorbsiyalanadigan ionlar qavati
Diffuzion qavat	- ionlar yoyiq (diffuz) harakat qiladigan qavat.
Cho'kish potentsiali	- og'irlik kuchi ta'sirida zarracha cho'kkanida qattiq faza bilan suyuqlik chegarasida yuzaga keluvchi potentsial.
Oqib chiqish potentsiali	- suyuqlikning bosim ostida kapillyar naydan oqib chiqishida oqib chiqish joyida yuzaga keluvchi potentsial.
Dzeta – potentsial	- qo'sh elektr qavatning adsorbsion va diffuzion qavatlari chegarasida faza yoki muhitning harakati natijasida yuzaga keluvchi potentsial.
Potentsial belgilovchi ion	- zarracha sirtiga dastlab adsorbsiyalanuvchi ion.
Qo'sh elektr qavat	- bir - biriga tegib turgan fazalar chegarasida qarama - qarshi ishorali zaryadlarning hosil bo'lishi.
Adsorbsion qavat	- zarracha sirtiga adsorbsiyalanadigan ionlar qavati.
Diffuzion qavat	- ionlar yoyiq (diffuz) harakat qiladigan qavat.
Elektrokinetik potentsial	- harakat davomida adsorbsion va diffuzion qavatlar chegarasida yuzaga keluvchi potentsial.
Qayta zaryadlanish	- kolloid zarracha ishorasining qarama-qarshi ishoraga almashinishi.
Mitsella	- alohida kolloid zarrachalar, ular zolning dispers fazasini tashkil etadi.
Intermitsellyar suyuqlik	- zolning dispersion muhiti.
Yadro	- neytral modda, mitsellaning markazida turadi.
Granula	- yadro va unga adsorblangan ionlar.

<i>Qo'sh qavat</i>	- adsorbsion va diffuzion qavatlar.
<i>Barqarorlik</i>	- dispers sistemalarning o'zining dastlabki holati (ya'ni o'z tarkibini, dispers faza konsentratsiyasi va zarrachalarining o'lchamini) va asosiy xossalarini saqlab turish xususiyati.
<i>Elektrostatik faktor</i>	- bir-biridan itaradigan elektrostatik kuchlarning hosil bo'lishi.
<i>Adsorbsion-solvat faktor</i>	- fazalararo sirt taranglikni va chegaradagi Gibbs energiyasining kamayishiga olib keladi.
<i>Energetik barer</i>	- zarrachalarni bir-biriga yaqinlashtir-maydigan energiya g'ovi
<i>Entropiya faktorii</i>	- dispers fazaning zarrachalari broun harakatida qatnashadi.
<i>Yoruvchi bosim</i>	- tortilish va itarilish kuchlari ikki kolloid zarracha orasidagi yupqa suyuqlik qavatida birgalashib ta'sir etadi.
<i>DLFO nazariyasi</i>	- zollarning barqarorligi haqidagi hozirgi zamon fizik nazariyasi – B.V. Deryagin va L.D. Landau (1937y.), E.Fervey va Y.Overbek (1941y.) tomonidan yaratilgan.
<i>Koagulyatsiya</i>	- dispers faza zarrachalarining yiriklashishi.
<i>Ochiq koagulyatsiya</i>	- koagulyatsiya sodir bo'lganligini ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lsa ochiq koagulyatsiya (<i>loyqalanish, rang o'zgarishi, cho'kma tushishi</i>) deyiladi.
<i>Yashirin koagulyatsiya</i>	- koagulyatsiya sodir bo'lishini ko'z bilan ko'rib bo'lmaydi.
<i>Koagulyatsiyalovchi ion</i>	- bevosita koagulyatsiyani yuzaga keltiruvchi ion.
<i>Energetik barer</i>	- zarrachalarning bir-biri bilan birikishi uchun yengish kerak bo'lgan itarilish kuchi.
<i>Tez koagulyatsiya</i>	- zarrachalar bir-biri bilan birinchi to'qnashganidayoq koagulyatsiyalanadi.
<i>Sekin koagulyatsiya</i>	- koagulyatsiya tezligi qo'shilayotgan elektrolitning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.
<i>Koagulyatsiya chegarasi</i>	- zolni koagulyatsiyalash uchun kerak bo'lgan

<i>(konsentratsiyasi)</i>	elektrolitning eng kichik miqdori.
<i>Sirt – faollik</i>	- SFMning fazalar chegarasidagi sirt taranglikni pasaytirish qobiliyatining miqdoriy mezoni - sirt – faollik deyiladi.
<i>Kation SFM</i>	- eritmada kationli sirt – faol ion hosil qiluvchi modda.
<i>Anion SFM</i>	- eritmada anionli sirt faol ion hosil qiluvchi modda.
<i>Amfoter SFM</i>	- eritmada muhitga ko‘ra ham kation, ham anion sirt faol ion hosil qiluvchi modda.
<i>Mitsella</i>	- sirt faol modda molekulalari hosil qilgan struktura birligi.
<i>Solyubilizatsiya</i>	- sirt faol modda mitsellalarida boshqa modda zarrachalarining erishi.
<i>Suspenziya</i>	- dispers fazasi qattiq, dispersion muhiti suyuq bo‘lgan sistema.
<i>Emulsiya</i>	- bir suyuqlik tomchilarining boshqa suyuqlik ichida tarqalishidan xosil bo‘lgan dispers sistema.
<i>Emulgator</i>	- barqarorlikni ta’minlovchi modda.
<i>Koalessensiya</i>	- dispers faza tomchilarining bir-biri bilan birikib, suyuqlik qavatidan ajralishi.
<i>Ko‘pik</i>	- dispers fazasi gaz, muhiti suyuqlik bo‘lgan sistema.
<i>Aerozol</i>	- dispers fazasi qattiq yoki suyuq, dispersion muhit esa gaz bo‘lgan sistema.
<i>Kukun</i>	- dispers fazasi qattiq, dispersion muhiti havodan iborat sistema.
<i>Yuqori molekulyar birikmalar (YuMB)</i>	- o‘lchami yuqori dispers sistemaga to‘g‘ri keluvchi makromolekulalardan tashkil topgan, massasi bir necha mingdan millionlargacha o‘zgaradigan moddalar.
<i>Tuzlash</i>	- elektrolit ta’sirida YuMB, jumladan oqsillar makromolekulasining solvat (gidrat) qobig‘ini buzishi natijasida ular eruvchanligini yo‘qotadi va cho‘kmaga tushadi.
<i>Oqsillar</i>	- makromolekulasi o‘zaro peptid bog‘lari bilan bog‘langan yuqori molekulyar birikmalar

<i>Reologik xossalar</i>	- dispers sistemalarning elastiklik, egiluvchanlik va mustahkamligi.
<i>Koagulyatsion struktura</i>	- qaytar strukturalanish.
<i>Kondensatsion strukturalar</i>	- kristallizatsion yoki qaytmas strukturalanish.
<i>Tiksotropiya</i>	- mexanik kuch ta'sirida gellarning zolga aylanishi.
<i>Sinerezis</i>	- gellarning o'z-o'zidan ikki qatlamga ajralish jarayoni.
<i>Kserogel</i>	- dispers muhitdan ajralib, qurigan dispers faza.
<i>Qovushqoqlik</i>	- muhitni harakatlanishga qarshilik qila olish mezonini (ichki ishqalanish).
<i>Qovushqoqlik anomaliyasi</i>	- eritma qovushqoqligining nyuton qonuniga bo'ysunmasligi.
<i>Xarakteristik qovushqoqlik</i>	- konsentratsiyaga bog'liq bo'lmagan qovushqoqlik.
<i>Aerozolni yemirish</i>	- ko'p fazali sistemani bir fazali gazlar sistemasiga aylantirish.
<i>Tutun</i>	- ichida qattiq zarrachalar bo'lgan gaz sistemasi.
<i>Tuman</i>	- ichida suyuqlik zarrachalari bo'lgan gaz sistema.
<i>Oqava suv</i>	- ishlab chiqarishda foydalanilgan suv
<i>Peptizator</i>	- cho'kmalarni eritib turuvchi (kolloid xolatga o'tkazib turuvchi) modda
<i>Rudalarni boyitish</i>	- kerakli moddani xar xil aralashmalardan tozalash.

MUNDARIJA

KIRISH.....	2
1§. KOLLOID KIMYO FANINING MAQSADI VA VAZIFALARI. RIVOJLANISH TARIXI.....	4
1.1§. Dispers sistemalar va ularning sinflanishi.....	10
2§. SATHDAGI HODISALAR. SIRT TARANGLIK TUSHUNCHASI.....	14
2.1§. Qattiq jism sirtining suyuqlik bilan ho‘llanilishi.....	19
2.2§. Ho‘llanishning miqdoriy ifodasi	22
2.3§. Ho‘llanish issiqligi	23
2.4§. Kogeziya va adgeziyaning miqdoriy xarakteristikasi.....	25
2.5§. Adgezivlar	28
3§. ADSORBSIYA HODISALARI.....	30
3.1§. Qattiq jism sirtidagi adsorbsiya	34
3.2§. ADSORBSIYA NAZARIYALARI.....	38
3.2.1§. Lengmyurning monomolekulali adsorbsiya nazariyasi	38
3.2.2§. Polimolekulyar adsorbsiya. BET nazariyasi.....	41
3.3§. SUYUQLIK SIRTIDAGI ADSORBSIYA.....	45
3.3.1§. Gibbs tenglamasi.....	48
3.3.2§. Dyuklo-Traube qoidasi.....	49
3.3.3§. Ionlar adsorbsiyasi	52
3.3.4§. Xromatografiya.....	56
4 §. KOLLOID SISTEMALARNI OLINISHI VA TOZALASH USULLARI.....	59
4.1 §. Kolloid sistemalarni olinishi.....	59
4.2 §. Kolloid eritmalarni tozalash.....	67
5§. KOLLOID DISPERS SISTEMALARNING MOLEKULYAR-KINETIK XOSSALARI.....	71
5.1§. Kolloid zarrachalarning diffuziyasi.....	71
5.2§. Broun harakati.....	73
5.3§. SEDIMENTASIYA.....	75
5.4§. Kolloid eritmalarning osmotik bosimi.....	78
5.5§. Kolloid dispers sistemalarning optik xossalari.....	80
5.6§. Kolloid sistemalarning elektrokinetik xossalari. Qo‘sh elektr qavat haqida tushuncha.....	87
5.7§ Dispers sistemalarning elektrokinetik xossalari.....	89
5.8§. Cho‘kish va oqib chiqish potentsiallari.....	92
6 § QO‘SH ELEKTR QAVAT (QEQ) TUZILISHI HAQIDAGI NAZARIYALAR.....	95
6.1§. Qo‘sh qavatning Shtern-Gui –Chepman (SGC) modeli	97
6.2§. Qo‘sh elektr qavatning tuzilishi haqida Gelmgols va Perren nazariyasi.....	98

6.3§. Gui va Chepmen nazariyasi	99
6.4§. O. Shtern nazariyasi.....	101
6.5§. Kolloid zarrachalarning tuzilishi haqida misellyar nazariya.....	104
6.6§. Mitsella yadrolarining tuzilishi to'g'risidagi fikrlar.....	109
6.7§. Kolloid eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi	110
7 §. LIOFOB ZOLLARNI BARQARORLIGI. KOLLOID SISTEMALARNING KOAGULYATSIYASI.....	112
7.1§. Liofob zollarni barqarorligi.....	112
7.2§. Kolloid sistemalarning koagulyatsiyasi. koagulyatsiya tezligi. DLFO nazariyasi.....	118
7.3§. Elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiya.....	121
7.4§. Kolloidlarni kolloidlar ta'sirida koagulyatsiyalanishi.....	125
7.5§. Kolloidlarning qizdirish ta'siridan koagulyatsiyalanishi.....	125
7.6§. Elektrolitlar aralashmasi ta'siridagi koagulyatsiya.....	126
8§. SIRT FAOL MODDALAR (SFM). MITSELLA HOSIL QILISH KRITIK KONSENTRATSIYASI.....	128
8.1§. Sirt-faol moddalarning turlari	131
8.2§. Noionogen sirt-faol moddalar	133
8.3§. Sirt-faol moddalarning mitsellyar eritmalari. Mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi	136
8.4§. Solyubilizatsiya jarayoni	140
8.5§. Mikrogeterogen dispers sistemalar.....	141
8.5.1§. Suspenziyalar.....	142
8.5.2§. Emulsiyalar.....	144
8.5.3§. Ko'piklar.....	151
8.5.4§. Kukunlar.....	152
8.5.5§. Aerozollar.....	153
9§. YUQORI MOLEKULALI BIRIKMALAR VA ULARNING XOSSALARI.....	156
9.1§. YuMB kimyoviy tuzilishi va fazoviy shakli. Polimerlardagi bog'lar.....	159
9.2§. Yuqori molekulali birikmalarning (YuMB) osmotik bosimi.....	161
9.3§. Yuqori molekulyar elektrolitlar (polielektrolitlar).....	162
9.4§. YuMB eritmalarning xossalari. Bo'kish jarayoni.....	164
9.5§. Bo'kish jarayonining termodinamikasi.....	166
9.6§. Reologiyaning asosiy tushuncha va qonunlari. Dispers sistemalarning reologik xossalari.....	169
9.7§. YuMB eritmalarining qovushoqligi.....	173
9.8§. Viskozometrik usulda YuMB larning molekulyar massasini aniqlash.....	179
10 §. ISHLAB CHIQRISH JARAYONLARIDA VA ATROF MUHITNI MUHOFAZA QILISHDA «KOLLOID KIMYO» FANINING ROLI.....	182
10.1§. Aerozollarning ishlab chiqarishdagi roli.....	184
10.2§. Havoni gaz holatidagi chiqindilardan tozalash	186
10.3§. Suvni ifloslanishi va uni muhofaza qilish.....	187
10.4§. Ishlab chiqarish jarayonida uchraydigan dispers sistemalar.....	189
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	190
GLOSSARIY.....	191
MUNDARIJA.....	199

