

544.7

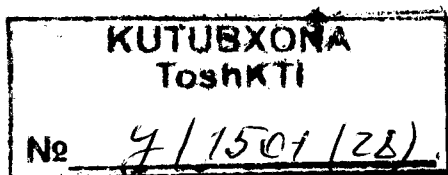
F-72

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

N. I. Fayzullayev, N. Q. Muxamadiyev

# KOLLOID KIMYO

*(5140500 – Kimyo bakalavri ta‘lim yo‘nalishi  
talabalari uchun darslik)*



“Sano-standart” nashriyoti  
Toshkent – 2016

**UO'K: 544.77.(075.8)**

**KBK: 24.6ya73**

**F2**

**Kolloid kimyo / N.I.Fayzullayev, N.Q.Muxamadiyev.**  
– Toshkent: “Sano-standart” nashriyoti, 2016. – 384 bet.

*Darslik 5140500 – Kimyo fanlari bakalavri ta'lim yo'nalishida ta'lim oladigan talabalar uchun mo'ljallangan. Darslikda dispers sistemalar haqidagi asosiy ma'lumotlar (klassifikatsiya, quyimolekulyar birikmalardan tozalash, molekulyar-kinetik xossalari), sirt hodisalari, adsorbsion jarayonlar, elektrik va optik hodisalar va dispers muhitlar, kolloid sistemalarning barqarorligi, struktura va mitsella hosil bo'lishlari bayon etilgan. Yuqori molekulyar birikmalar va eritmalarining xossalari qaralgan. Masalalarning yechimlari va mustaqil yechish uchun masalalar hamda o'z-o'zini tekshirish uchun testlar berilgan.*

*Ushbu darslik O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi, Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi o'quv-uslubiy birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtirish kengashining qarori bilan nashr etishga ruxsat etilgan.*

*Taqrizchilar:*

Kimyo fanlari doktori, professor

**M.D.DAVRONOV,**

Kimyo fanlari doktori, professor

**H.I.AKBAROV**

**UO'K: 544.77.(075.8)**

**KBK: 24.6ya73**

ISBN 978-9943-4802-8-5

© N.I.Fayzullayev va b. 2016.

© «Sano-standart» nashriyoti, 2016

## SO‘Z BOSHI

Hozirgi zamon kolloid kimyosining asosiy muammolarini hal qilishda, kolloid – kimyoviy qonuniyatlarni o‘rganib, mutaxassis ko‘z o‘ngida dispers sistemalar haqida tushuncha va tasavvurlar fizik – kimyoviy fanlarning ulkan va mustaqil sohasi ekanligi namoyon bo‘ladi. Kolloid kimyo kursi dispers sistemalar va sirt qavatda sodir bo‘ladigan hodisalarning fizikaviy kimyosiga oid fan bo‘lib, talabalarni moddalarning dispers sistemalardagi sirt xossalari o‘ziga xos qonunlari haqidagi ta‘limot bilan tanishtiradi.

Kolloid kimyo, fizik kimyoning mustaqil fanga aylangan bo‘limlaridan biridir. Kolloid kimyo bir modda alohida zarrachalar shaklida boshqa moddada taqsimlangan sistemaning fizikaviy, fizik – kimyoviy, kolloid – kimyoviy xossalari o‘rganadi. Bunday sistemadagi zarrachalar katta sirtga ega va bu kolloid sistemaning o‘ziga xos tomonlarini belgilaydi. Kolloid sistemalar tabiat va texnikada juda keng tarqalgan. Tuproq, torf, bakteriyalar va biologik zarrachalar, turli g‘ovak jismlar, tolali materiallar, kukunlar, tuman va changlar, hammasi kolloid kimyo obyektlaridir. Maydalash, filtrlash, adsorbsiya kabi jarayonlar sanoatning juda ko‘p ishlab chiqarish sohaslarining asosini tashkil qiladi. Kolloidlar to‘g‘risidagi vujudga kelgan fan so‘ngi o‘n yillik ichida uncha katta bo‘lmagan xossalarga ega bo‘lgan materiallarni ixtiro qilishdan boshlab, toshko‘mir shaxtalaridagi portlashlarning oldini olish kabi ko‘pgina texnik va ekologik masalalarni hal qilishga imkon beradi.

Darslik O‘zbekiston Respublikasi ta‘lim standartlariga mos ravishda 5440400-kimyo bakalavr yo‘nalishi bo‘yicha dastur asosida yozilgan. Har bir mavzuda nazariy tushunchalar va namunaviy masalalar yechimlari bilan ko‘rsatilgan.

Darslikning kompyuter variantini tayyorlashda yaqindan yordam berganligi uchun D.A.Toshmatovaga o‘z minnatdorligimizni bildiramiz.

# I. KOLLOID KIMYO FANINING PREDMETI VA VAZIFALARI

## 1.1. "Kolloid kimyo" fanining predmeti va uning rivojlanish tarixi

*Kolloid kimyo* - sirt hodisa, dispers sistema va ularning fizik, kimyoviy hamda mexanik xossalari haqidagi fandır.

Atrofimizdagi mavjud bo'lgan barcha materiallar – tuproq, yog'och, tabiiy suv, turli-tuman oziq-ovqat mahsulotlari, rezina, bo'yoq va boshqalarning hammasi dispers sistemalaridir. Kapillyar-g'ovak moddalar ham dispers sistemalar jumlasiga kiradi. Qon, limfa, orqa miya suyuqligi, hujayra protoplazmasi va boshqa biologik suyuqliklar kolloid eritmalaridir. Ular kolloid holatdagi ko'pgina moddalarni o'z ichiga oladi, masalan, fosfatlar, yog'lar, lipidlar, oqsil, xolesterin, glikogen va boshqalar. Bundan tashqari kolloid eritmalar ko'rinishidagi dorivor preparatlar ham mavjud, masalan, protorgol, kollargol. Ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlari, yuvuvchi vositalar ham kolloid eritmalaridir. Kolloid sistemalar mikrogeterogen, hatto ultramikrogeterogen sistemalar bo'lib, kolloid kimyoning vazifasi yuqori disperslikka ega bo'lgan geterogen sistemalarni, bu sistemalardagi sirt hodisalarini va yuqori molekulyar sistemalarni o'rganishdan iborat.

Endi kolloid kimyoning rivojlanish tarixi haqida to'xtalib o'tamiz.

Kolloid kimyoning rivojlanish tarixini 3 davrga bo'lish mumkin:

***1-davr. Kolloid kimyoning yuzaga kelish davri-qadimdan XIX asr o'rtalarigacha bo'lgan davr.***

Ko'pgina kolloid sistemalar qadimgi Yegipt, Gretsiya va Rimda ma'lum bo'lgan. Aristotel qon va sutning ivishi, terini oshlash va matolarni bo'yash hodisalarini bilgan. Alximiklarga kumush va oltinlarning kolloid eritmaları ma'lum bo'lgan.

XVI-XVII asrlarda kolloid eritmalar davolovchi vosita sifatida ishlatilgan.

Qadim zamonlardayoq kolloid-kimyoviy jarayonlar Xitoyda, Hindistonda, Misrda, Rimda, O'rta Osiyoda, qadimgi Rus mamlakatlarida ovqat tayyorlash, teri pishirish, matolarni bo'yash va boshqa ishlarda qo'llanilib kelingan.

Tibbiyotda ishlatiladigan "ichiladigan oltin suv" oltin gidrozollaridan iboratligini R. Glauber ko'rsatib bergan.

M. V. Lomonosov 1762-yilda moddalarning kristallanish va ivish jarayonlari bir-biridan farq qilishini ko'rsatib berdi. U oltinning kolloid eritmasidan foydalanib rangli shishalar tayyorladi.

1797-yilda Musin-Pushkin simob metalining kolloid eritmasini hosil qildi.

1792-yilda Lovits eritmalarni tozalash uchun qattiq adsorbent-daraxt ko'miridan foydalangan.

1777-yilda F.Fontan va K. Sheyelelar gazlar adsorbsiyasini ochgan.

F. F. Reysning 1808-yilda eritmalarga va undagi zarrachalarga elektr tokining ta'siri natijasida elektroosmos va elektroforez hodisalarini ochishi, italyan kimyogari F. Selmi 1845-yilda turli xil eritmalarning (sut, qon, zardob, yelim, kraxmal, va boshqa) xossalarini o'rganib, ularning xususiyatlari chin eritmalardan tubdan farq qilishini aniqlashi kolloid kimyoning rivojlanishi uchun katta ahamiyatga ega bo'ldi.

### ***2-davr. 1860-yillardan XIX asrning oxirlarigacha bo'lgan davr.***

Kolloid kimyoga asos solgan olim shotland kimyogari T. Gremdir. U birinchi (1861-yil) bo'lib, fanga "kolloid", "gel", "zol" tushunchalarini kiritdi va mishyak sulfid, silikat va volframat kislotalarining, alyuminiy, temir, xrom gidroksidlarining kolloid eritmalarini oldi va kolloid eritmalarini tozalash uchun dializator yaratdi.

1904-yilda P. Veymarn bitta moddaning o'zi ma'lum bir sharoitda kolloid eritma, boshqa sharoitda chin eritma hosil qilishi mumkinligini aniqladi. Masalan, ***osh tuzining suvdagi eritmasi chin eritma (NaCl-kristalloid) hosil qilsa, benzoldagi eritmasi kolloid eritma hosil qiladi. Sovunning suvdagi eritmasi kolloid eritma bo'lsa, spirdagi eritmasi esa chin eritma bo'ladi.***

XIX asrning oxirlarida kolloid eritmalarda zarrachalar yuqori darajada maydalangan holatda bo'lishligi aniqlandi. Shundan so'ng "dispers faza", "dispersion muhit", "disperslik darajasi" tushunchalari paydo bo'ldi.

***3-davr. Hozirgi zamon kolloid kimyosining rivojlanishi (XX asr).***

1903-yilda M.S. Svet g'ovak adsorbentlarda moddalarning adsorbsion ajralishiga asoslangan xromatografik tahlil usulini yaratdi. Adsorbsiyaning keyingi rivoji B.A Shishkovskiy (1908), I. Lengmyur (1917), G. Freyndlix (1926), N.A Shilov (1915-1930) lar nomi bilan bog'liq. Birinchi jahon urushi vaqtida N.D. Zelinskiy ko'mirli gaz niqob yaratdi.

P.A. Rebinder (1923-yildan boshlab) ishlarida kolloid va dag'al dispers sistemalarning xossalariга adsorbsion qatlamning ta'siri muammolari o'rganildi.

G.Gui, D. Chempen, O. Shtern (1910-1924) lar qo'sh elektr qavat haqida nazariyalar yaratishdi.

XIX asrning boshlari (1906-1908-yillar)da Smoluxovskiy va A. Eynshteyn kolloid sistemalardagi Broun harakati va diffuziya nazariyasini yaratib, kolloid kimyoni nazariy jihatdan boyitdilar. Perren, Svedberg, Ilin kabi olimlar Eynshteyn va Smoluxovskiy nazariyasining to'g'riligini tajribada tasdiqladilar.

D.I. Mendeleev kolloid kimyoni tabiat haqidagi bilimlarni porloq istiqbolga ega bo'lgan yangi tarmog'i deb qaradi. U o'zining "Kimyo asoslari" nomli kitobining birinchi nashrida (1871-yilda) "Kolloid kimyo masalalari fizika va kimyoning barcha sohaları uchun ilg'or va qudratli ahamiyat kasb etishi muqarrar", – deb yozadi.

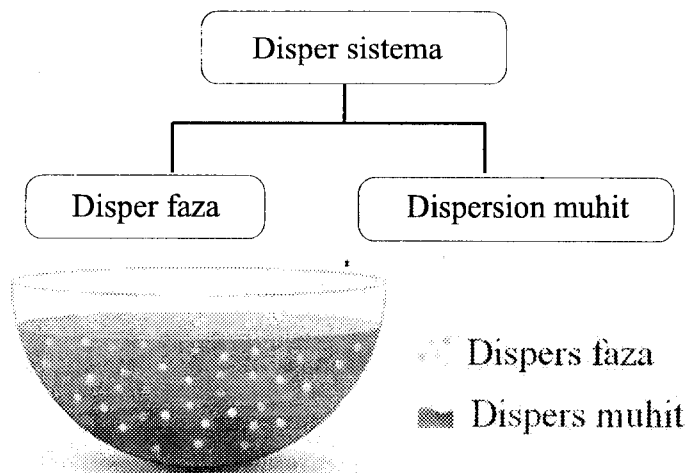
Kolloid kimyo 1903-yildan boshlab mustaqil fan sifatida rivojlana boshladi. Bu fanning rivojlanishida mashhur olim A.V. Dumanskiyning ham xizmati katta, u 1907-yili kolloid eritmalarning qovushqoqligini, elektr o'tkazuvchanligini, optik xossalariini o'rgandi.

Kolloid va yuqori molekulyar sistemalarni o'rganishda olimlardan V.N.Kargin, B.V.Deryagin, I.I.Jukov, Dogadkin, Z.A.Rogovin, akademik I.V.Petryanov-Sharbatolov, F.D.Ovcharenko, K.S.Axmedov, X.U. Usmonov va boshqa olimlarning xizmatlari katta.

## **1.2.Kolloid kimyo fanining asosiy muammolari va vazifalari**

"Kolloid kimyo" dispers (maydalangan) sistemalar va sirt qavatda sodir bo'ladigan hodisalarning fizik-kimyosiga oid fan bo'lib, moddalarning dispers holatlari va sirt qavatlarning o'ziga xos xususiyatlari haqidagi ta'limotni o'rganadi.

Biror moddaning mayda zarrachalari boshqa modda ichida tarqalishidan hosil bo'lgan sistema **dispers sistema** deyiladi (dispers so'zi lotincha disperge're, ya'ni tarqalmoq, maydalanib ketmoq so'zidan kelib chiqqan). Tarqalgan modda **dispers faza**, ikkinchi modda esa **dispersion muhit** deb nomlanadi:



**Dispers sistema 2 ta o'ziga xos belgiga ega: geterogenlik va disperslik.**

**Geterogenlik** – sistema kamida 2 ta fazadan iborat ekanligini bildiradi.

**Disperslik** – bir moddaning ikkinchi moddada tarqalganligini ifodalaydi.

Dispers sistemalarda dispers faza zarrachalari katta sirtga ega bo'lganligi sababli ularning sirtidagi atom va molekulalar alohida holatda bo'ladi. Ko'pincha kolloid eritmaning sirt qavati uning ichki qavatidan hatto tarkib jihatidan farq qiladi. Binobarin, har qanday dispers sistemada uchta faza: **dispers faza**, **dispersion muhit** va **sirt faza** mavjuddir. Shunga ko'ra kolloid kimyoda uchta muhim muammoni o'rganishga katta ahamiyat beriladi, bular:

- 1) *sirtida sodir bo'ladigan hodisalarni va sirt qavatlarni o'rganish;*

3) **Chin eritmalar** zarrachalarining o'lchami 1nm ( $10^{-9}$  m yoki  $10^{-7}$ sm) dan kichik bo'ladi.

**Chin dispers sistema** (chin eritmalar) dispers faza tashkil qilgan moddalarning xususiyatiga qarab ikkiga bo'linadi.

➤ Agar faza elektrolitmas moddalar (mochevina, qand, glyukoza, spirt va boshqalar)dan iborat bo'lsa, bunday sistema **molekulyar dispers sistema** deyiladi.

➤ Agar faza elektrolit moddalar (tuzlar, asoslar, kislotalar va boshqalar)dan iborat bo'lsa, **ionli-dispers sistema** deyiladi.

Sistemalardan eng ahamiyatlisi yuqori dispers (kolloid) sistemalaridir. Ularni kolloid eritmalar yoki zollar ham deyiladi. Dispers sistemalarning disperslik darajasini quyidagicha ifodalash mumkin:  $D = 1/a$ ; bu yerda D-disperslik, a-dispers faza zarrachasining ko'ndalang kesim uzunligi, masalan, sferik zarracha uchun "a" sifatida diametr-d, kub shaklidagi zarracha uchun kubning qirradi  $\ell$  olinadi. Zarrachaning o'lchami qancha kichik bo'lsa, sistemaning disperslik darajasi shuncha katta bo'ladi.

Bundan tashqari dispers sistemalar **monodispers** (dispers faza zarrachalari bir xil o'lchamga ega) va **polidispers** (dispers faza zarrachalari turli xil o'lchamga ega) sistemalariga bo'linadi. Misol sifatida ba'zi dispers sistemalarning disperslik darajalarini  $D(m^{-1})$  keltiramiz:

Dispers sistema	lg D
Kakao kukuni	3,7-4,0
Odam qoni eritrositlari	5,2
Titan poroshogi	6,3
Suvli tuman	6,3
Oltin gidrozoli (ko'k)	7,3
Tutun (daraxt ko'miri)	7,5
Oltin gidrozoli (qizil)	7,7
Yashur virusi	8,0
Ko'mirning ingichka teshikchalari	8-9



### 1.5.4. Dispers faza va dispersion muhitning ta'sirlashuviga ko'ra klassifikatsiyasi

#### *Liofob va liofil dispers sistemalar*

<i>Liofob sistemalar</i>	<i>Liofil sistemalar</i>
Dispersion muhit va dispers faza o'rtasidagi ta'sirlashuv kuchsiz	Dispersion muhit va dispers faza o'rtasidagi ta'sirlashuv kuchli
Tashqaridan energiya sarflash hisobiga hosil bo'ladi	O'z-o'zidan hosil bo'ladi
Endergonik jarayon	Eksoergonik jarayon
Termodinamik beqaror	Termodinamik barqaror
Stabilizator zarur	Stabilizator talab etilmaydi

Bu klassifikatsiya faqat suyuq dispersion muhitli sistemalar uchun ahamiyatga ega. Dispers faza dispersion muhit orasidagi ta'sirlashuv tavsifiga ko'ra G.Freyndlix dispers sistemalarni 2 ga bo'lishni taklif etdi:

1) **Liofob** - dispersion faza dispersion muhit bilan ta'sirlashmaydi, bularga mikroeterogen sistemalar kiradi. Ular termodinamik beqaror bo'ladi. *Tipik liofob sistemalarga metallarning gidrozollari va ularning kam eriydigan tuzlari (Pt, Cu, Au, Ag, Hg, AgI, ZnS, CdS, HgS, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Se, C) misol bo'ladi.* Liofob sistemalar o'z-o'zidan maydalanmaydi. Ularni maydalanish uchun tashqi energiya sarflanadi.

2) **Liofil** - dispers faza zarrachalari dispersion muhit zarrachalari bilan o'zaro ta'sirlashadi va ma'lum sharoitda dispersion faza dispersion muhitda eriydi ya'ni o'z-o'zidan maydalanadi. Ularga SAM (sirt faol moddalar) va YuMB eritmalari misol bo'ladi. Liofil sistemalar termodinamik barqaror bo'ladi. *Liofil sistemalarga tabiiy YuMB lar: jelatina va boshqa oqsillar, DNK va RNK misol bo'ladi.*

Agar dispers muhit sifatida suv ishlatilsa, gidrofob yoki gidrofil sistemalar tushunchalari ishlatiladi.

### 1.5.5. Zarrachalararo ta'sirlashuvga ko'ra klassifikatsiyalanishi

Bu klassifikatsiyaga ko'ra dispers sistemalar *erkin dispers* (tuzilishsiz) va *bog'langan dispers* (tuzilishli) sistemalariga bo'linadi.

Erkin dispers sistemalarda dispersion faza zarrachalari bir-birlari bilan bog'lanmagan bo'lib, dispersion muhitda erkin harakat qila oladi. Bunday *dispers sistemalariga zollar, suyultrilgan emulsiyalar va suspenziyalar, aerezollar misol bo'ladi.*

Bog'langan dispers sistemalarda dispers faza zarrachalari molekulalararo kuchlar hisobiga bir-birlari bilan bog'langan bo'ladi. Ular dispers muhit bilan fazoviy to'rlar va karkaslar (strukturalar) hosil qiladi. Bu sistemalarda dispers faza zarrachalari erkin harakat qila olmaydi, ular faqatgina tebranma harakat qiladilar. *Bunday sistemalariga kapillyar va g'ovak jismlar, membranalar, gellar, iviqlar, ko'piklar, qattiq eritmalar, tuproq misol bo'ladi.*

#### *Erkin va bog'langan dispers sistemalar*

Dispers sistemalar sinfi	Tavsifi	Misollar
Erkin dispers sistemalar	Dispers faza harakatchan, ya'ni alohida ko'rinishda ifodalangan. Zarrachalar o'zaro bog'lanmagan. Dispersion muhitning butun hajmida ko'proq yoki kamroq teng taqsimlangan	Liozollar, suspenziyalar, emulsiyalar, qon, aerezollar (tumanlar, tutunlar, changlar)
Bog'langan dispers sistemalar	Dispers faza deyarli harakatsiz, ya'ni yoppasiga tuzilishlar (karkas, to'rlar) hosil qiladi. Dispersion muhitning ta'siri kuchli	Liogellar, iviqlar, tolasi-mon va g'ovak kapil-lyarlar (suyak to'qimasi), biomembranalar, ko'piklar, gellar, qattiq eritmalar

Shunday qilib, *kolloid kimyoning vazifasi* yuqori disperslikka ega bo'lgan geterogen sistemalarni, bu sistemadagi sirt hodisalarni va yuqori molekulyar sistemalarni o'rganishdan iborat.

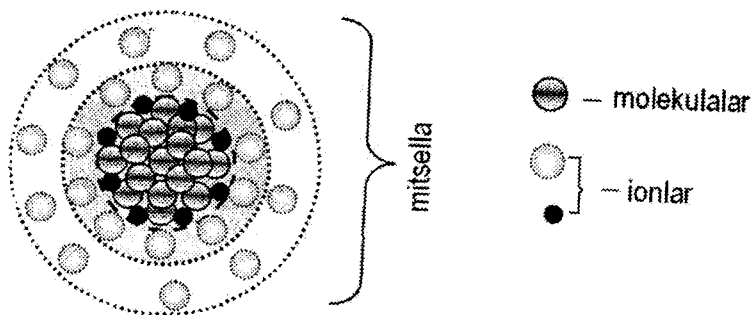
### 1.5.6. Kolloid sistemalarning ichki struktura (tuzilishlar) turiga qarab klassifikatsiyasi

Ichki struktura (tuzilishlar) turiga qarab kolloid sistemalar:

- Suspenzoidlarga;
- Mitsellyar (assosiativ) kolloidlar;
- Molekulyar kolloidlarga bo'linadi.

**Suspenzoidlar** (qaytmas kolloidlar, liofob kolloidlar) – bu metallarning va birikmalar (oksidlar, tuzlar)ning eritmalaridir.

Suspenzoidlar dispers fazalari zarrachalarining tuzilishi mos holda moddaning tuzilishidan farq qilmaydi va ular molekulyar yoki ionli kristall panjaralarga ega bo'ladi. Ular suspenziyalardan yuqori dispersiligi bilan farq qiladi:

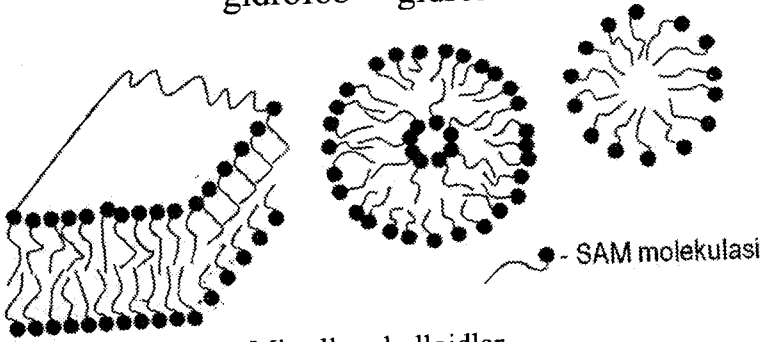
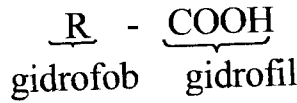


Suspenzoidlar mitsellasi

Suspenzoidlar qaytmas kolloidlar deyilishiga sabab, ularning eritmaları bug'latilsa quruq qoldiq hosil bo'ladi, qolgan qoldiq yana eritilsa, zol hosil bo'lmaydi. Suspenzoidlar uchun dispers faza va dispersion muhit o'rtasida kuchsiz ta'sirlashuv xosdir. Shuning uchun ular *liofob* deb nomlanadi.

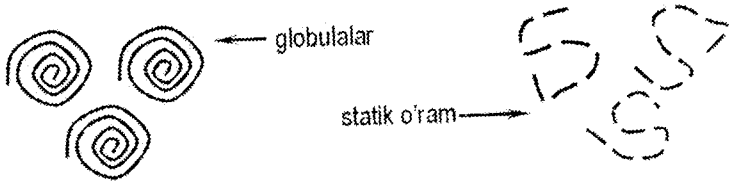
**Mitsellyar (assosiativ) kolloidlar**- difil molekularning agregatsiyasi natijasida hosil bo'ladigan kolloid zarrachalarning eritmasi bo'lib, qutbli guruh va qutbsiz uglevodorod radikalini saqlovchi molekularlardan tarkib topgan bo'ladi.

Asosan, ular yuqori molekulyar karbon kislotalarining ishqoriy metallar bilan hosil qilgan tuzlaridir. Masalan, natriy stearat  $C_{17}H_{35}COONa$ ;  $R - OH$ ;  $R - COOH$ ;  $RCOONa$



Mitsellyar kolloidlar

**Molekulyar (qaytar, liofil) kolloidlar** – bular tabiiy va sintetik yuqori molekulyar birikmalarning eritmalaridir. YuMB eritmaları o‘z-o‘zidan dispers faza va dispersion muhit zarrachalari orasidagi kuchli ta’sirlashuv natijasida hosil bo‘ladi.



Molekulyar kolloidlar

Molekulyar kolloidlar stabilizatorlarsiz ham o‘zlarining barqarorligini saqlay oladilar.

Shunday qilib, **kolloid kimyoning vazifasi** yuqori disperslikka ega bo‘lgan geterogen sistemalarni, bu sistemadagi sirt hodisalarni va yuqori molekulyar sistemalarni o‘rganishdan iborat.

### 1.5.7. Dispers sistemalarning miqdoriy xarakteristikasi

Dispers sistemalarni xarakterlash uchun 3 ta kattalik ishlatiladi:

1. Zarrachaning ko‘ndalang o‘lchami –  $d$ .  $[d] = \text{sm}$  ; m. Shar shaklidagi zarracha uchun bu kattalik sharning diametri bo‘lsa, kubik zarrachalar uchun – kubning qirrasidir;

2. Disperslik (maydalanganlik) –  $D$  – zarrachaning ko‘ndalang o‘lchamiga teskari kattalik:

$$D = \frac{1}{d}; [D] = \text{sm}^{-1}, \text{m}^{-1}$$

3. Solishtirma sirt yuza  $S_{\text{sol}}$  – bu fazalararo sirt yuza ( $S_{1,2}$ ) bo‘lib, dispers fazaning hajm yoki massa birligiga nisbatiga teng:

$$S_{\text{Sol}} = \frac{S_{1,2}}{V}; [S_{\text{Sol}}] = \text{sm}^{-1}, \text{m}^{-1};$$

$$S_{\text{Sol}} = \frac{S_{1,2}}{m}; [S_{\text{Sol}}] = \text{sm}^2 \cdot \text{g}^{-1}, \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1};$$

$r$  – radiusli shar shaklidagi zarracha uchun:

$$S_{\text{Sol}} = \frac{S_{1,2}}{V}; [S_{\text{Sol}}] = \text{sm}^{-1}, \text{m}^{-1};$$

$$S_{\text{sol}} = \frac{4r^2}{\frac{4}{3}r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{d} = 6D$$

Kubning qirradi  $d$  bo‘lgan kubik zarracha uchun:

$$S_{1,2} = 6d^2, V = d^3; S_{\text{sol}} = \frac{6}{d} = 6D$$

Umumiy holda  $S_{\text{sol}} = \frac{\beta}{d} = \beta D$  bu yerda  $\beta$ -zarrachaning shakli

koeffitsiyenti (shar va kub shaklidagi zarracha uchun  $\beta=6$ ).

Solishtirma sirt yuza zarrachaning o‘lchami (disperslilik) va shakli bilan bog‘liqdir:

Shar shaklidagi zarrachalar uchun	$S_{\text{sol}} = 6/d = 6D$
Silindrik zarrachalar uchun	$S_{\text{sol}} = 4/d = 4D$
Kub shaklidagi zarrachalar uchun	$S_{\text{sol}} = 6/l = 6D$

Shunday qilib, **solishtirma sirt (yuza)** disperslikka to‘g‘ri, zarrachaning ko‘ndalang kesimi o‘lchamiga teskari proporsional.  $1 \text{ m}^3$  dispers sistemadagi sferik (shar shaklidagi) zarrachalarning soni – dispers sistema umumiy hajmining bitta sferik zarrachaning hajmiga bo‘lgan nisbatga teng:

$$n = \frac{V_{umumiy}}{V_{shar}} = \frac{1}{4/3\pi r^3}$$

1 m<sup>3</sup> dispers sistemadagi sferik zarrachalarning solishtirma sirt yuzasi zarrachalar sonining har bir zarracha sirt yuzasiga ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$S_{sol} = n \cdot S_{shar} = \frac{1}{4/3\pi r^3} \cdot 4\pi r^2 = \frac{3}{r} = \frac{6}{d} = 6D$$

1 kg dispers sistemadagi sferik zarrachalar soni quyidagicha topiladi:

$$m_{shar} = V_{shar} \cdot \rho = \frac{4}{3\pi r^3} \cdot \rho$$

u holda 1 kg zoldagi sferik zarrachalar soni

$$n = \frac{m_{umumiy}}{m_{shar}} = \frac{1}{4/3\pi r^3 \cdot \rho}$$

1 kg zolda solishtirma sirt yuza

$$S_{sol} = n \cdot S_{shar} = \frac{1}{4/3\pi r^3} \cdot 4\pi r^2 = \frac{3}{r \cdot \rho} = \frac{6}{d \cdot \rho} = \frac{6D}{\rho}$$

### **Mavzuga doir masalalar yechish**

**1-masala.** Oltin zoli zarrachalarining dispersligi 10<sup>8</sup> m<sup>-1</sup> ga teng. Oltin zarrachalarini kub shaklida deb hisoblab, zolning umumiy sirt yuzasini hisoblang. Oltin zolining massasi 1 grammga teng.  $\rho = 19,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

**Yechish:**  $S_{sol} = \frac{S}{V}$  dan  $S = S_{sol} \cdot V$

Kub shaklidagi zarrachalarning solishtirma sirti:  $S_{sol} = 6D$ .  
Oltin zolining hajmi:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\text{U holda } S = \frac{6Dm}{\rho} = \frac{6 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{19,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3} = 30,61 \text{ m}^2$$

**2-masala.** Oltin kolloid zarrachalarining dispersligi  $D = 10^8 \text{m}^{-1}$  ga teng. 1 g oltin kubchalaridan qancha uzunlikdagi ip tayyorlash mumkin.  $\rho = 19,6 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$ .

**Yechish:**  $L = n \cdot l$ ;  $l = \frac{1}{D}$

Zol zarrachalarining soni:  $n = \frac{V_{umumiy}}{V_{kub}}$ ;  $V_{umumiy} = \frac{m}{\rho}$

1 ta kubning hajmi:  $V_{kub} = l^3$

U holda oltin ipining uzunligi:

$$L = \frac{V_{umumiy}}{V_{kub}} \cdot l = \frac{m}{\rho \cdot l^3} \cdot l = \frac{m}{\rho l^2} = \frac{m}{\rho} D^2 = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{kg}}{19,6 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3} \cdot (10^8)^2 \text{m}^{-2} = 5,1 \cdot 10^8 \text{m} = 5,1 \cdot 10^5 \text{km}$$

**3-masala.** Agar suvning zichligi  $\rho = 0,998 \text{g/sm}^3$ , suvning sirt tarangligi  $\sigma = 72,75 \cdot 10^{-3} \text{j/m}^2$ , zarrachaning dispersligi  $D = 50 \text{mkm}^{-1}$  bo'lsa, 293 K da 4 g massadagi suv tomchilari sirtining Gibbs energiyasini hisoblang.

**Yechish:** Sirtning Gibbs energiyasi:

$$G_S = \sigma \cdot S \text{ ga teng } S = S_{\text{sol}} \cdot V;$$

Sferik zarrachalar uchun  $S_{\text{sol}} = 6D$ ;  $V = \frac{m}{\rho}$  lardan

$$S = S_{\text{sol}} \cdot V = 6D \frac{m}{\rho}$$

Sirtning Gibbs energiyasi  $G_S = \sigma \cdot S = \sigma \cdot 6D \frac{m}{\rho}$  dan

$$G_S = 72,75 \cdot 6 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,998 \cdot 10^3} = 87,47 \text{j.}$$

**4-masala.** Idishda moy emulsiyaning diametri uni tayyorlash usuliga bog'liq bo'lib, qo'l bilan silkitilganda 20 mkm, aralashtirgich bilan aralashtirilganda 4 mkm ni tashkil etadi. Agar moyning zichligi  $1,1 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$  ga teng bo'lsa, dispersligini, dispers fazaning solishtirma sirtini va ularning nisbatini aniqlang.

**Yechish:** Disperslikni aniqlaymiz:

$$D_{\text{aralashrigich}} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1};$$

$$D_{\text{qo'lda}} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1};$$

Solishtirma sirtni hisoblaymiz:

$$S_{\text{sol}}^{\text{aralashrigich}} = \frac{6}{\alpha \cdot \rho} = \frac{6}{4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 10^3} = 13,6 \cdot 10^2 \text{ m}^2;$$

$$S_{\text{sol}}^{\text{qo'l}} = \frac{6}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 10^3} = 2,72 \cdot 10^2 \text{ m}^2;$$

$$\frac{D_{\text{aral}}}{D_{\text{qo'l}}} = \frac{2,5 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^4} = 5; \quad \frac{S_{\text{sol}}^{\text{aral}}}{S_{\text{sol}}^{\text{qo'l}}} = \frac{13,6 \cdot 10^2}{2,72 \cdot 10^2} = 5;$$

**5-masala.** Un ishlab chiqarish korxonalarini, inshootlari havosida un changlarining massali konsentratsiyalari  $4,2 \text{ mg/m}^3$  ni tashkil etadi. Agar chang zarralarining o'rtacha diametri  $3,7 \text{ mkm}$ , ularning zichligi  $1,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  ni tashkil etsa, un changlarining sonli konsentratsiyasini aniqlang.

**Yechish:**

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3;$$

$$V_{\text{sonli}} = \frac{V_m}{\rho \cdot V_1} = \frac{4,2 \cdot 10^{-6}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (1,85 \cdot 10^{-6}) \cdot 1,1 \cdot 10^3} = 1,44 \cdot 10^8 \text{ m}^3$$

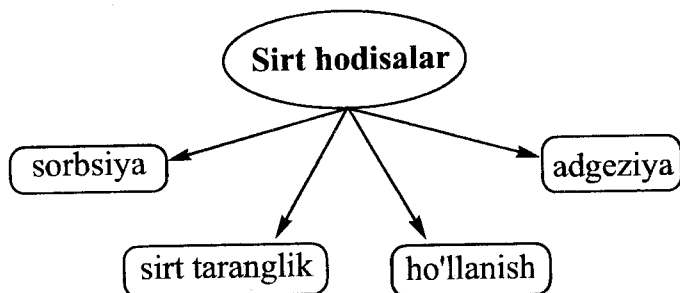
Demak,  $1 \text{ m}^3$  havoda 14400 million zarracha yoki  $1 \text{ sm}^3$  havoda 14400 zarracha bo'ladi.



## II. SIRT HODISALARI VA ADSORBSIYA

### 2.1. Suyuqliklarning sirt tarangligi va to'liq sirt energiya

#### 2.1.1. Sirt energiyaning tabiati



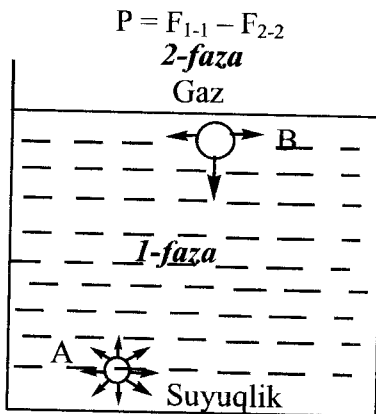
Yuqori dispers sistemalarning spetsifik (o'ziga xos) xususiyatlari:

- Ortiqcha sirt energiyaga ega bo'lishi. Disperslik ortishi bilan dispers fazaning solishtirma sirt yuzasi ortadi:

$$G^S = \sigma \cdot S$$

- Termodinamik beqarorlik;
- Individuallik;
- Struktura hosil qilishlik.

Agar fazalar chegarasida molekulalararo ta'sir turli xil bo'lsa, sistema turli xil fazalardan iborat bo'ladi. **Molekulalararo ta'sirlashuv bo'lmagan yagona sistema bu ideal gazdir.** Molekulyar ta'sirlashuvning intensivligi real gazlardan qattiq jismlarga o'tganda ortib boradi. Suyuqlik (faza 1) va gaz (faza 2) dan iborat sistemani qarab chiqamiz. Molekulalararo ta'sirlashuv kuchi suyuqlikda ( $F_{1-1}$ ) gazdagi molekulalararo ta'sirlashuv kuchi ( $F_{2-2}$ ) dan katta bo'ladi. Ya'ni  $F_{1-1} > F_{2-2}$ . Suyuqlikning ichki qismida joylashgan A molekula hamma tomonidan boshqa molekulalar bilan o'rab olinganligi uchun ta'sirlashuv kuchlari o'zaro teng bo'ladi. Fazalararo sirtida joylashgan B molekulaga bir tomondan suyuqlik molekulalari boshqa tomondan gaz molekulalari ta'sir qiladi. Modomiki,  $F_{1-1} > F_{2-2}$  ekan, suyuqlikning chuqurligiga (tagiga) yo'nalgan natijalovchi kuch P paydo bo'ladi. Bu kuch ko'p hollarda bosim deyiladi:



**Rasm. Sirt energiyaning yuzaga kelish (paydo bo'lishi) sxemasi**

Chegara fazalarda (sirtlarda) molekulararo ta'sirlashuv qancha ko'p farq qilsa, ichki bosim shuncha katta bo'ladi.

Ichki bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = 2\sigma/r$$

Sirt hodisalarni o'rganishda termodinamikaning birlashgan qonunidan foydalanib, sirt qavat uchun quyidagi ko'rinishdagi tenglamani yozamiz:

$$\Delta G = -SdT + VdP + \sigma dS + \sum \mu_i dn_i + \phi dq$$

Bu tenglamaga ko'ra sirt energiya :

- Gibbs energiyasiga;
- Issiqlikka;
- Mexanik energiyaga;
- Kimyoviy energiyaga;
- Elektr energiyaga aylana oladi.

Moddanning kimyoviy reaksiyalarga kirishish qobiliyati uning disperslik darajasi o'zgargan sari adgeziya, kogeziya va elektr potentsiallarining o'zgarishi va kapillyar hodisalari, adsorbsiya va elektr potentsiallarining o'zgarishi bilan bog'liq.

Erkin sirt energiyasining musbat ishorali bo'lishi ikki faza orasida barqaror chegara sirt mavjudligining asosiy shartidir. Erkin sirt energiyaning qiymati manfiy bo'lsa, chegara sirt mavjud bo'lmaydi, ya'ni bir faza ikkinchi fazada tarqalib ketadi.

### 2.1.2. Sirt taranglik

Gazlardan iborat sistemalarda fazalararo sirtlar mavjud emas. Faqatgina suyuq yoki qattiq jismlardan iborat sistemalaridagina fazalararo sirtlar mavjud bo'ladi. Suyuqlik molekulari doimo harakatda bo'lganligi uchun suyuqlik sirtidagi barcha nuqtalarda potensial energiya bir xil qiymatga ega bo'ladi, ya'ni suyuqlikning sirt qavati ekvipotensialdir. Qattiq jism zarrachalari juda kuchsiz tebranma harakat qilganliklari uchun ularning sirti g'adir-budir bo'ladi.

Shuning uchun qattiq jismning sirti ekvipotensiallik xossasini namoyon qilmaydi. Fazalararo sirt mavjudligi sirt tarangligini keltirib chiqaradi.

Suyuqliklar o'z sirt – yuzasini mumkin qadar kamaytirishga intiladi, chunki ular ortiqcha sirt energiyaga ega.

Sirt taranglikning kelib chiqish sababi suyuqlik molekulari o'rtasidagi bog'lanishdir (tortishuvdir). Ayni modda molekulari orasidagi tortishuv qancha kuchli bo'lsa, ularning sirt tarangligi shuncha katta qiymatga ega bo'ladi. Ya'ni qutbli suyuqliklarning suyuqlik-gaz chegarasidagi sirt tarangligi qutbsiz suyuqliklarning sirt tarangligidan katta bo'ladi. Suyuqliklar ichida eng katta sirt taranglikka ega bo'lgani simob bo'lib, undan so'ng suv turadi.

Kritik haroratga qadar suyuqliklarda sirt taranglikning harorat koeffitsiyenti ( $d\sigma/dT$ ) deyarli o'zgarmas bo'ladi. Kritik haroratga yetganda suyuq va gaz fazalar orasidagi farq yo'qoladi va  $\sigma = 0$  bo'ladi. Ikkala suyuqlik bir-birida cheksiz eruvchan bo'lib qolgan harorat ya'ni kritik erish haroratidan so'ng suyuqlik-suyuqlik sistemada ham  $\sigma = 0$  bo'ladi.

Sirt (yuza)ning eng muhim xarakteristikasi sirt taranglik hisoblanadi. U  $1 \text{ m}^2$  fazalararo yuzaga to'g'ri keladigan ortiqcha sirt energiyani xarakterlaydi.

**Sirt taranglik ( $\sigma$ )** – fazalararo sirt yuzani bir birlikka oshirish uchun bajarilgan izotermik ishga termodinamik teskari qiymatga teng kattalik:

$$T = \text{const}, \sigma = - \frac{\delta A_{qay}}{dS_{1,2}}; [\sigma] = \text{m/m}^2 = \text{N/m}.$$

$\sigma A_{qay} - dS_{1,2}$  sirt maydoni hosil bo'lishi uchun bajarilgan termodinamik teskari ish.

***Sirt taranglik qiymatiga ta'sir etuvchi omillar:***

- Moddaning kimyoviy tabiati;
- Haroratning ta'siri. Harorat ko'tarilishi bilan molekular orasidagi masofa ortadi va suyuqliklarning sirt tarangligi kamayadi:

$$\left( \frac{D\sigma}{DT} \right)_P < 0$$

- Chegaraviy fazalar tabiatining ta'siri (Antonov qoidasi):

$$\sigma_{C_2/C_2} = \sigma_{C_1/g} - \sigma_{C_2/g}$$

- Ergan modda tabiatining ta'siri;
- Ergan modda konsentratsiyasining ta'siri.

### 2.1.3.Sirt hodisalar termodinamikasi

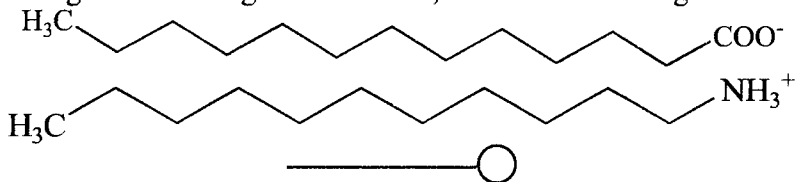
***Sirt taranglik qiymatiga bosimning ta'siri.*** Bosim ortishi bilan sirt qavatlarda suyuqlik molekulari bilan gaz molekulari o'rtasidagi ta'sirlashuv kuchayadi va sirdagi molekularning ortiqcha energiyasi kamayadi, demak sirt taranglik ham kamayadi.

***Suvli eritmalarda sirt taranglikka turli moddalarning ta'siri***

SFM (sirt faol moddalar)-suvli eritmalarda sirt taranglikni kamaytiruvchi moddalar:

$$\sigma_{SAM} < \sigma_{H_2O}$$

Noionogen SAM-spirtlar, aldegidlar, ketonlar, murakkab efirlar.  
Ionogen SAM – organik kislotalar, aminlar va ularning tuzlari.



SIM (sirt infaol moddalar)-suvli eritmalarda sirt taranglikni oshiruvchi moddalar. Anorganik kuchli elektrolitlar – tuzlar, kislotalar, asoslar:

$$\sigma_{SIM} > \sigma_{H_2O}$$

SNM (sirt nofaol moddalar)-suvli eritmalarda sirt taranglikni o'zgartirmaydigan moddalar: ko'p atomli spirtlar, uglevodlar:

$$\sigma_{SNM} \approx \sigma_{H_2O}$$

Odatda ish hajm va harorat o'zgarimas ( $V, T = \text{const}$ ) bo'lganida yoki harorat va bosim o'zgarimas ( $P, T = \text{const}$ ) bo'lganda bajariladi. Har ikkala variantni ko'rib chiqamiz:

1)  $V, T = \text{const}$ ; -  $\sigma A_{qay} = dF$  bu yerda  $F$  –Gelmgolsning erkin energiyasi

$$\sigma = \frac{dF}{dS_{1,2}}; dF = \sigma \cdot dS_{1,2}$$

2)  $P, T = \text{const}$ ; -  $\sigma A_{qay} = dG$

bu yerda  $G$  – Gibbsning erkin energiyasi

$$\sigma = \frac{dG}{dS_{1,2}}; dG = \sigma \cdot dS_{1,2}$$

Erkin energiya-bu ishga aylanadigan energiyadir. Shunday qilib, sirt taranglik – bu solishtirma erkin sirt energiyadir, ya'ni fazalararo sirt birligiga to'g'ri keladigan erkin sirt energiyadir. Sirt energiya faza chegarasida molekulararo ta'sirlashuv intensivligi farqi bilan xarakterlanadi. Bu farq qancha katta bo'lsa,  $\sigma$  shuncha katta bo'ladi.

### Havo bilan chegarada sirt taranglik

Suyuqlik	$\sigma$ suyuqlik - gaz $\cdot \text{Dj}/\text{m}^2$ $t^0 = 20^0\text{C}$	Qattiq jism	$\sigma$ qattiq – gaz $\cdot 103$ $\text{Dj}/\text{m}^2$ $t^0 = 20^0\text{C}$
Simob	485,0	CaF <sub>2</sub>	2500
H <sub>2</sub> O	72,75	PbF <sub>2</sub>	900
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	28,9	PbI <sub>2</sub>	130
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	21,6	Olmos	11400

Kolloid sistemalarning *miqdor belgisi disperslik darajasi* bo'lib, uning sifat *belgisi geterogenlikdir*. Bu ikkala xossa sirt hodisalar bilan chambarchas bog'liqdir. Geterogenlikning mavjudligi fazalararo sirtning ya'ni sirt taranglikning mavjudligini bildiradi. Bir-biriga tegib turgan faza geterogenlik jihatdan o'zaro qancha ko'p farq qilsa, fazalararo sirt taranglik shuncha katta qiymatga ega bo'ladi. Fazalararo sirt tarangligining sirt taranglik koeffitsiyentiga ko'paytmasi ayni sirtning erkin energiyasi qiymatini ko'rsatadi:

$$A = \sigma S$$

bu yerda  $\sigma$ -sirtning 1 sm<sup>2</sup> kattalashtirish uchun sarflanadigan ish bo'lib, u sirt taranglik koeffitsiyenti yoki to'g'ridan to'g'ri sirt tarangligi deyiladi.

Sirt taranglik quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\sigma = \left( \frac{\partial G}{\partial S} \right)_{T, p, n_i}$$

**Qutbli suyuqlikning** suyuqlik-gaz chegaradagi sirt tarangligi **qutbsiz suyuqliklarning** sirt tarangligidan katta bo'ladi. Sirt energiya, shuningdek sirt taranglik haroratga, chegara sirtlar tabiatiga hamda erigan moddaning konsentratsiyasiga va tabiatiga bog'liq.

Kritik temperaturadan past temperaturalar intervalida sirt taranglik temperatura o'zgarishi bilan:

$$\sigma_1 = \sigma_0 - \alpha t \text{ tenglamaga muvofiq to'g'ri chiziq bo'ylab kamayadi.}$$

Sirt taranglikning harorat koeffitsiyenti manfiy qiymatga va o'zgarish kattalikka ega

$$-\frac{d\sigma}{dT} = \text{const}$$

Yuza birligida (1m<sup>2</sup>) to'liq sirt energiya

$$U_s = \sigma + q_s$$

$q_s$  – bog'langan energiya

To'liq sirt energiya temperaturaga bog'liq emas.

Sirt tarangligining kelib chiqish sababi suyuqlik molekulari orasidagi bog‘lanishdir, bu bog‘lanish qancha kuchli bo‘lsa, ularning sirt tarangligi shuncha katta qiymatga ega bo‘ladi, ya’ni: qutbli suyuqliklarning suyuqlik - gaz chegarasidagi sirt tarangligi qutbsiz suyuqliklarning sirt tarangligidan katta bo‘ladi. Masalan, geksanning sirt tarangligi  $\sigma = 17\text{-erg/sm}^2$ ; uglerod (IV) xloridniki esa  $\sigma = 25.02\text{ erg / sm}^2$ .

Bir-biriga tegib turgan toza suyuqliklardan iborat geterogen sistemaning ustki qatlami ichki qatlamiga qaraganda o‘zgacha holatda bo‘ladi. Buni tushunish uchun stakandagi suyuqlikning sirti va ichidagi bittadan molekulasini olib ko‘ramiz. **Suyuqlik ichidagi molekulaga o‘ziga o‘xshash molekular ta’sir etib turadi.** Ya’ni suyuqlik ichidagi teng ta’sir etuvchi kuchlar nisbati 0 ga teng. Shuning uchun suyuqlik ichidagi molekulaning surish uchun energiya sarf bo‘lmaydi.

**Suyuqlik sirtidagi molekulaga esa 2 xil kuch:** gaz fazadagi va suyuq fazadagi kuchlar ta’sir etadi. Gaz fazadagi molekulararo masofa katta bo‘lgani uchun, ularning tortishish kuchi, suyuqlik ichidagi molekularning tortishish kuchidan kam. Shuning uchun suyuqlik sirtidagi molekula iloji boricha suyuqlik ichiga harakat qiladi. Shu sababli, har qanday suyuqlik o‘z sirtini kichraytirishga intiladi. Umuman har qanday suyuqlik sirtida molekulararo tortishish kuchlari muvozanatga kelmagan molekular borligi uchun sirtqi qavatda-**sirtqi erkin** energiya paydo bo‘ladi. Bu energiya doimo kamayishga intiladi. Suyuqlik sirtini kengaytirish uchun esa sirtqi erkin energiyani yengish kerak, ya’ni tashqaridan ish sarflash kerak bo‘ladi. Bu energiya sirt  $1\text{ sm}^2$  ga teng bo‘lganda sirt taranglik koeffitsiyentiga teng bo‘ladi. Uning belgisi- $\sigma$  bo‘lib SGS sistemasidagi birligi  $\text{erg/sm}^2$  bilan SI sistemasida  $\text{joul/m}^2$ ,  $\text{dina/sm}$  yoki  $\text{nyuton/m}$  bilan ifodalanadi.

Sirt tarangligi o‘zaro bir-biriga tegib turgan quyidagi fazalar orasida vujudga keladi:

- Gaz-suyuqlik;
- Gaz-qattiq jism;

- Suyuqlik-suyuqlik;
- Suyuqlik qattiq jism;
- qattiq jism-qattiq jism.

Sirt qavatni xarakterlovchi kattaliklar uchun termodinamikadan Gibbs-Gelmgols tenglamasini

$$\Delta G = \Delta H + T \left( \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_p \quad \text{tadbiq qilsak:}$$

$$U = \sigma - T \left( \frac{\partial \sigma}{\partial T} \right) \quad \text{kelib chiqadi.}$$

bu yerda U-sirtning to'liq energiyasi. Agar bu tenglamani temperatura bo'yicha differensiallasak:

$$\frac{\partial U}{\partial T} = \frac{\partial \sigma}{\partial T} - \frac{\partial \sigma}{\partial T} - T \frac{\partial^2 \sigma}{\partial T^2} \quad \text{yoki} \quad \frac{\partial U}{\partial T} = 0$$

Shunday qilib, tenglama qo'llanila oladigan temperaturalar chegarasida suyuqlik sirtining umumiy energiyasi temperaturaga bog'liq emas. Shu xususiyatiga ko'ra ham sof suyuqliklarning solishtirma sirt energiyasi molekulararo kuchlarni xarakterlovchi eng muhim kattaliklardan biridir. Masalan: suv 20°C da  $\sigma = 72, 75$  erg/sm<sup>2</sup>; u = 118.0 erg/sm<sup>2</sup> (uning bu qiymati 4°C dan 100°Cgacha o'zgaraydi).

Suyuqlikning sirt tarangligi  $\sigma$  sirt birligi (1sm<sup>2</sup>) hosil bo'lishining maksimaligi bo'lib, bu jarayonda Gibbs energiyasini o'zgarishiga teng:

$$\Delta G = \sigma; \quad \left( \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_p = -S$$

Termodinamikaning ifodasini qo'llab yangi sirt hosil bo'lishida entropiya o'zgarishi uchun ushbu tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\Delta S = -\Delta S \left( \frac{\partial \sigma}{\partial T} \right)_p$$



Agar  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  ni e'tiborga olsak, yangi sirt hosil bo'lishi uchun entalpiya o'zgarishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta H = -\Delta S \left[ \partial - T \cdot \left( \frac{\partial \sigma}{\partial T} \right)_p \right]$$

Tenglamaga asoslanib, yangi sirt paydo bo'lishida entropiya qanday o'zgarishi haqida fikr yurita olamiz. Darhaqiqat,  $d\sigma/dT < 0$  (yangi harorat oshganda sirt taranglik kamayganligi) uchun  $\Delta S > 0$  bo'ladi. Demak, yangi sirtning hosil bo'lishi entropiyaning kattalashuvi bilan sodir bo'ladi.

Bu vaqtda sistema tashqi muhitdan energiya yutadi. Yuqori dispers holatdagi mahsulot hosil bo'lishida  $\Delta H$  ning qiymati bir necha kJ/mol ga teng. Masalan, yuqori dispers holatdagi NaBr ning hosil bo'lish entalpiyasi kristall NaBr ning hosil bo'lish entalpiyasidan 14, 22 kJ/mol ga kichik.

Sirt yuzani kamaytiradigan sirt hodisalar:

- Suyuqlik tomchisi va gaz pufakchalarining shar shaklini olishi (sferik zarrachalar eng kichik sirt yuzaga ega bo'ladi);
- Dispers faza qattiq zarrachalarining o'zaro yopishishi (koagulyatsiya);
- Emulsiyalarda tomchilarning va ko'piklarda gaz pufakchalarining o'zaro yopishishi (koelessensiya);
- Kristallarning o'sishi.

Sirt energiyaning kamayishiga intilishi Gibbs energiyasining o'zgarishi bilan ifodalanadi:

$$\Delta G \leq \sigma \Delta B + B \Delta \delta$$

$\Delta$  va  $\Delta \sigma$  –sirt taranglik va uning o'zgarishi.  $B$  va  $\Delta B$  –fazalar qismi sirti va uning o'zgarishi. “ < ” belgi jarayonning o'z-o'zidan qaytmas sodir bo'lishini; “ = ” belgi esa qaytar muvozanatdagi jarayonni bildiradi.

Yuqoridagi munosabatdan dispers sistemaning sirt energiyasi sirt taranglikka, ekvivalent solishtirma sirt energiyaga va dispersion muhit hamda dispersion fazalar orasidagi qismlar sirt yuzalarining yig'indisiga bog'liqligi kelib chiqadi.

Havo bilan yoki o'zining bug'i bilan chegaralangan fazaning sirt tarangligi qiymatini xarakterlashda gaz fazaning ta'sirini hisobga olmaslik mumkin. Ammo bir – biriga to'yingan ikki suyuqlik sirtlari orasidagi, boshqacha aytganda, fazalararo sirt taranglik qiymatini xarakterlashda ikkinchi fazaning molekulyar kuch maydonini nazarga olish kerak, chunki fazalararo sirt taranglik ikkala fazadagi molekullararo kuch maydonlarining intensivliklari orasidagi ayirmaga teng. *G.N. Antonov 1907-yilda bir-birida ma'lum darajada eriydigan suyuqliklar orasidagi sirt sirt tarangliklarni o'lchash asosida quyidagi qoidani topdi:* o'zaro to'yingan ikki suyuqlik fazalararo sirt taranglik o'sha suyuqliklarning havo bilan chegaralangan holatdagi sirt tarangliklari ayirmasiga teng:

$$\sigma_{c_1 - c_2} = \sigma_{c_2 - \text{gaz}} - \sigma_{c_1 - \text{gaz}}$$

Bu yerda  $\sigma_{c_1 - c_2}$  - fazalararo sirt taranglik,  $\sigma_{c_1 - \text{gaz}}$  - birinchi toza suyuqlik bilan havo chegarasidagi sirt taranglik,  $\sigma_{c_2 - \text{gaz}}$  - ikkinchi toza suyuqlik bilan havo chegarasidagi sirt taranglik.

$\sigma_{c_1 - c_2}$  larni aniqlash uchun  $\sigma_{c_1 - g}$  va  $\sigma_{c_2 - g}$  larni aniqlashda qo'llanilgan usullardan ya'ni suyuqlikning kapillyar nayda ko'tarilish, tomchilarni sanash-staloglometr, pufakchalarning eng katta bosimini aniqlashdan foydalaniladi. Ikki suyuqlikning qutblilik darajalari orasidagi ayirma kamaygan sari ularning bir-birida eruvchanligi ortadi va  $\sigma_{c_1 - g}$  bilan  $\sigma_{c_2 - g}$  orasidagi ayirma kamayadi. O'zaro cheksiz eriydigan suyuqliklar uchun bu farq (ayirma) 0 ga intiladi.

Antonov qoidasiga mos holda adgeziya ishi

$$W_a = \sigma_{c_2 - \text{gaz}} + \sigma_{c_1 - \text{gaz}} - \sigma_{c_1 - c_2} = 2\sigma_0 = W_{k(2)} \text{ ga teng.}$$

Demak, bunday holatda adgeziya ishi kam qutblangan suyuqliklarning kogeziya ishiga teng bo'ladi.

## *To'yingan eritmalarining o'zaro sirt tarangligi ( $\sigma_{12}$ )*

Suyuqliklar	Kam qutbli fazalarning sirt tarangligi, $\sigma_2$ , mN/m	Suvli fazaning sirt tarangligi $\sigma_2$ , mN/m	Fazalararo taranglik $\sigma_{12}$ , mN/mv	
			Tajribada	Antonov bo'yicha
Benzol	28,8	63,2	34,4	34,4
Efir	17,5	28,1	10,6	10,6
Anilin	42,2	46,4	4,8	4,2
CCl <sub>4</sub>	26,7	70,2	43,8	43,5
Nitrobenzol	43,2	67,9	24,7	24,7
Amil spirt	21,5	26,3	4,8	4,8

### **2.1.4. Sirt taranglikni o'lchash usullari**

Agar shisha kapillyar naycha vertikal holda suyuqlikka tushurilsa, suyuqlik kapillyar devorlarini ho'lab ko'tarila boshlaydi. Suyuqlikning kapillyarda ko'tarilish balandligi uning sirt taranglik kuchiga bog'liq. Kapillyar ichidagi suyuqlikning og'irlik kuchi sirt taranglik kuchiga tenglashganda muvozanat qaror topadi, ya'ni suyuqlik ko'tarilishdan to'xtaydi.

Agar suyuqlikning kapillyarda ko'tarilish balandligi  $h$ , uning sirt tarangligi  $\sigma$ , kapillyar radiusi  $r$  va suyuqlik zichligi  $d$  bo'lsa u holda muvozanat vaqtida sirt taranglik kuchi bilan og'irlik kuchi o'zaro tenglashadi:

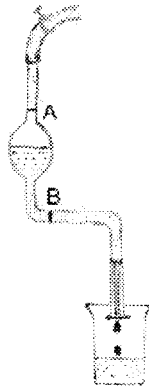
$$2\pi r\sigma = \pi r^3hdg$$

Tenglikning chap tomoni sirt taranglik kuchi bo'lsa, o'ng tomoni og'irlik kuchiga teng. Bu tenglamani soddalashtirib suyuqlikning sirt tarangligini quyidagi tenglama yordamida topish mumkin:

$$\sigma = \frac{rhdg}{2}$$

bu yerda  $g$  – erkin tushish tezlanishi.

**1) Stalgmometr usuli (tomchilarni sanash yoki tortish)**



Bu usulda suyuqlikning sirt tarangligi stalgmometr asbobida o'lanadi. Buning uchun stalgmometr kapillyar uchidan oqib tushayotgan suyuqlik tomchisi sirt taranglik kuchi ta'sirida shar shaklini oladi. Shar shaklidagi tomchining og'irligi "P" sirt taranglik kuchini yengandagina tomchi uzilib tushadi. Demak, tomchini og'irligi  $P = 2\pi r\sigma$  ma'lum bo'lgach, tomchining sirt tarangligi

$$\sigma = \frac{P}{2\pi r}$$

qiymatini bilish mumkin.

Suyuqlikning umumiy tomchilar soni "N" hisoblanib, sirt tarangligi aniqlanadi, ya'ni bitta tomchining og'irligini topish mumkin:

$$P = \frac{Ndg}{N}$$

bu yerda d-suyuqlik zichligi, g-og'irlik kuchi tezlanishi. Bundan P ning o'rniga qiymati  $2\pi r\sigma$  ni qo'ysak:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{N_0 d}{N d_0}; \quad \sigma = \sigma_0 \frac{N_0 d}{N d_0}$$

bu yerda  $2\pi r = K$ - idishning doimiyligi.

$$K\sigma = \frac{Ndg}{N} \Rightarrow \sigma = \frac{Ndg}{KN}$$

bu formuladan ma'lum hajmdagi suyuqlikning sirt tarangligini topish mumkin. Xuddi shu hajmdagi suv uchun sirt tarangligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_0 = \frac{\rho d_0 g}{KN_0}$$

Yuqoridagi ma'lum suyuqlikning sirt tarangligi tenglamasini ma'lum suyuqlik-suvning sirt tarangligi tenglamasiga bo'lib yuborsak, zichliklari har xil bo'lgan bir xil hajmdagi ikki xil suyuqliklar uchun quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{N_0 d}{Nd_0} \Rightarrow \sigma = \sigma_0 \frac{N_0 d}{Nd_0}$$

$$\sigma = \sigma_0 \frac{N_0}{N}$$

Agar  $d=1$  bo'lsa,  $\frac{N_0}{N}$  tenglama kelib chiqadi

**Rebinder usuli.** 1827-yili Rebinder kashf qilgan usulda pufakchalarning eng katta bosimi aniqlanadi. Agar suyuqlik sirtiga botirilgan kapillyar ichida ortiqcha havo bosimi hosil qilinsa, P-bosim ma'lum darajaga yetgach kapillyardan suyuqlikka havo pufakchalari o'tadi. Bu suyuqlikning sirt tarangligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\sigma = K \cdot P$$

Ana shu bosim suyuqlikning sirt tarangligiga bog'liq. Sirt tarangligi bosimga to'g'ri proporsional, K - asbobining doimiysi; K - ko'pincha kapillyar naychalarning r-radiusiga bog'liq, uni aniqlash uchun sirt tarangligi ma'lum bo'lgan suyuqlikdan foydalaniladi:

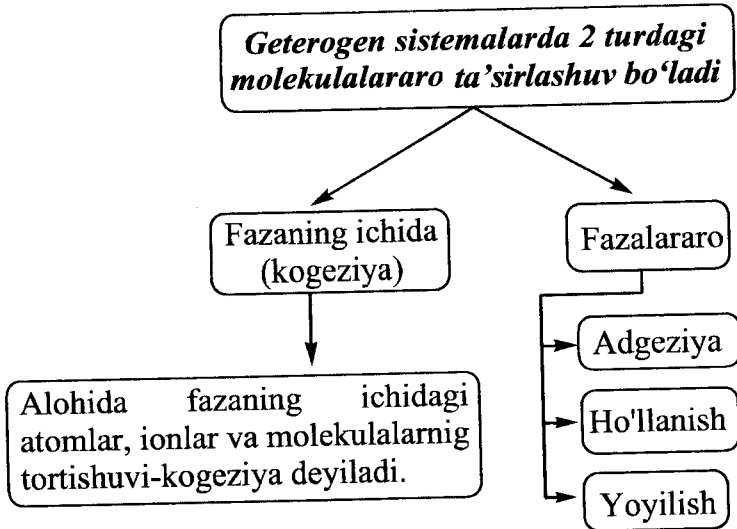
$$\sigma_0 = K \cdot P_0 \text{ bundan}$$

$$K = \frac{\sigma_0}{P_0}$$

ya'ni monometr yordamida atmosfera bosimi bilan kapillyardan suyuqlikka havo pufakchalari o'tgandagi bosim orasidagi farq aniqlanadi, ya'ni h-balandlik aniqlanadi. So'ngra sinaladigan suyuqlikning maksimal bosimi aniqlanadi.

$$\sigma = \sigma_0 = \frac{h}{h_0}$$

## 2.2.Kogeziya va adgeziya



**Adgeziya** – turli xil tabiatga ega bo‘lgan fazalar orasidagi fizik va kimyoviy kuchlar ta’siridagi o‘zaro ta’sirlashuv.

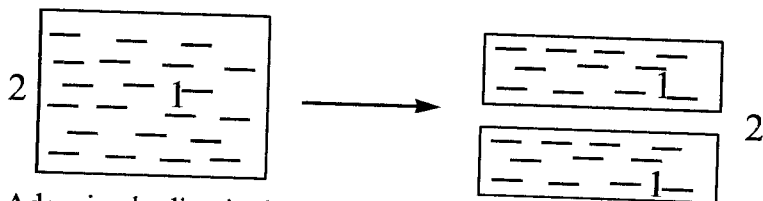
**Ho‘llanish va yoyilish** – qattiq jism va suyuqlik o‘rtasidagi adgezion ta’sirlashuv.

Adgeziya va ho‘llanish tabiatda va texnologik jarayonlarda keng tarqalgan: turli materiallarni yelimplash, lak surtish, bo‘yash, bog‘lovchi moddalar asosida turli xil materiallar tayyorlash (rezina, beton, shisha plastiklar va boshqalar).

**Kogeziya** –bir xil turdagi fazaga oid modda molekulari orasidagi o‘zaro tortishish kuchlaridir.

Kogeziya moddaning uzilishiga bo‘lgan qarshiligini, ichki bosimi va boshqalarni xarakterlaydi. Kogeziyani yengish uchun bajarilgan ish:

$W_K = 2 \sigma$  formula bilan ifodalanadi.



Adgeziya hodisasi adsorbsiya hodisasiga yaqin.

Adgeziya lotincha soʻz boʻlib, oʻzbekchaga tarjima qilinganda yopishmoq” (ruschasiga prilipaniye) degan maʼnoni bildiradi.

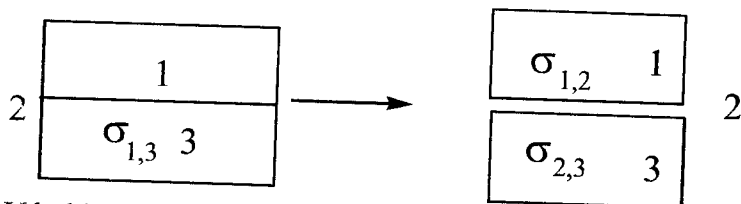
**Adgeziya (yopishish)**-turli tabiatli kondensirlangan fazalarning bir-biriga qoʻshilganida oʻzaro taʼsirlashuvidir. Agar bir-birida erimaydigan 2 ta suyuqlik yoki qattiq jism va suyuqlik, yohud 2 ta qattiq jism oʻzaro aralashtirilsa (bir-biriga qoʻshilsa) ular orasida oʻzaro molekulararo taʼsir yuzaga kelib, bir-biriga yopishadi, ularni ajratish uchun maʼlum miqdor energiya (ish) sarflanadi. Adgeziya oʻz-oʻzidan boradigan jarayon boʻlib, buni sistema sirt energiyasini kamaytirishga intilishi bilan tushuntirish mumkin boʻladi.

Adgeziya ishi ( $W_a$ ) – yuza birligidagi adgezion bogʻni uzish uchun bajariladigan ish:

$$W_s = W_a \cdot S$$

Adgeziyada uch holat boʻlishi mumkin:

**1. Ikki suyuqlik orasidagi adgeziya.** Aytaylik, ikki suyuqlik 1 va 3 bir-biri bilan yopishib 2 muhitda turibdi. Xayolan ularni bir-biridan ajratamiz:



U holda ikki sirt yuza hosil boʻladi:

- Sirt tarangligi  $\sigma_{1,2}$  boʻlgan 1-suyuqlik sirt yuzasi;
- Sirt tarangligi  $\sigma_{2,3}$  boʻlgan 3-suyuqlik sirt yuzasi.

Bu vaqtda suyuqliklarni ajratib turuvchi sirt taranglik ( $\sigma_{1,3}$ ) yoʻqoladi. Natijada sistemaning dastlabki sirt energiyasi adgeziyada bajarilgan ish qiymati qadar kamayadi. Bunda adgeziya ishi

$W_a = \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}$  ga teng bo'ladi.

Bu tenglamani birinchi bo'lib *Dyupre* kiritgan. Dyupre tenglamasidan, boshlang'ich komponentlar sirt tarangligi qancha katta bo'lsa va oxirgi fazalararo taranglik qancha kichik bo'lsa, adgeziya ishi shuncha yuqori bo'lishi kelib chiqadi.

Suyuqliklar bir-birida cheksiz erigan sharoitda fazalararo sirt taranglik 0 ga teng bo'lib qoladi. Binobarin, ikki moddaning bir-birida erishi uchun

$$W_a \geq \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3}$$

shart bajarilishi kerak bo'ladi.

Kogeziya entalpiyasi  $2\sigma$  ga teng ekanligini inobatga olib:

$$W_a \geq \frac{2\sigma_{2,1} + 2\sigma_{3,1}}{2} = \frac{W_k^I + W_k^{II}}{2} \text{ ga ega bo'lamiz.}$$

bu yerda  $W_k^I$  - birinchi moddaning kogeziya entalpiyasi;  $W_k^{II}$  - ikkinchi moddaning kogeziya entalpiyasi.

Adgeziya qancha kuchli namoyon bo'lsa, yuqoridagi tenglamadan, 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 termodinamik jihatdan o'z-o'zicha sodir bo'ladigan jarayon bo'lib, fazalararo sirt taranglikning o'z-o'zicha kamayishi natijasida kelib chiqadi.

### ***Suyuqliklar adgeziyasida muvozanatli ish***

$W_a = (\sigma_{gg} + \sigma_{sg}) - \sigma_{qs}$  yoki  $W_a = \sigma_{sg} (1 + \cos\theta)$  formula bilan hisoblanadi.

$W_a = \sigma_{sg} (1 + \cos\theta)$  tenglama bilan adgeziyada ishning qiymatini topish mumkin.

Oxirgi formula yordamida adgeziyaning muvozanat vaqtidagi ishining son qiymatini aniqlash va uning o'zgarishi bilan qattiq jismning ho'llanish xususiyatini bilish mumkin. Ho'llanishning yaxshilanishi va qirra (yon) burchakning kamayishi bilan ish ortib ( $\theta = 0$ ,  $\cos\theta = 1$ ) maksimumga yetadi ya'ni  $2\sigma_{sg}$ .

Adgeziya sirt energiya kamayishi bilan sodir bo'ladi.



## 2. Qattiq jism va suyuqlik orasidagi adgeziya.

Qattiq jism (3) sirtida suyuqlik (1) tomchisi (2)-muhitda turibdi deb faraz qilaylik. Adgeziya ishini yuqoridagi tenglama yordamida hisoblab bo'lmaydi. Chunki sirt tarangliklar  $\sigma_{1,2}$  va  $\sigma_{2,3}$  noma'lum. Bunday vaqtda adgeziya ishi

$$W_a = \sigma_{1,2} + \sigma_{1,2} \cdot \cos \theta = \sigma_{1,2} \cdot (1 + \cos \theta)$$

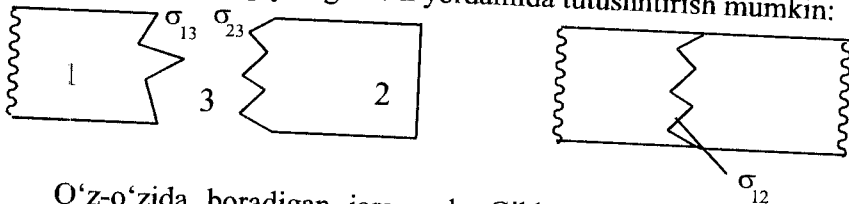
tenglama yordamida topiladi.

## 3. Qattiq jismlar orasidagi adgeziya.

Adgeziya ishini yuqoridagi har ikkala tenglama bilan ham hisoblab bo'lmaydi. Adgeziya ishi bu vaqtda tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Adgeziyaning har bir ko'rinishi (suyuqliklar adgeziyasi, tuzilishli sistemalar, zarracha va yupqa qatlam) yopishtiruvchi jismning shakli va xossasi bilan, adgezion ta'sirlashuvlar usuli esa va boshqa omillar bilan xarakterlanadi.

Hamma holatlarda ham fazalarning chegara qismidagi bog'lanish (kontakt) ni buzish uchun tashqi ta'sir zarur bo'ladi. Adgeziyada jarayonning o'z-o'zidan borishi va sirt taranglikning kamayishi imkoniyatini quyidagi rasm yordamida tutushntirish mumkin:



O'z-o'zida boradigan jarayonda Gibbs energiyasi o'zgaradi. Adgeziyada bunday o'zgarish qaytar va muvozanatdagi ishga teng:

$$W_a = -\Delta G = (\sigma_{1,3} + \sigma_{2,3}) - \sigma_{1,2}$$

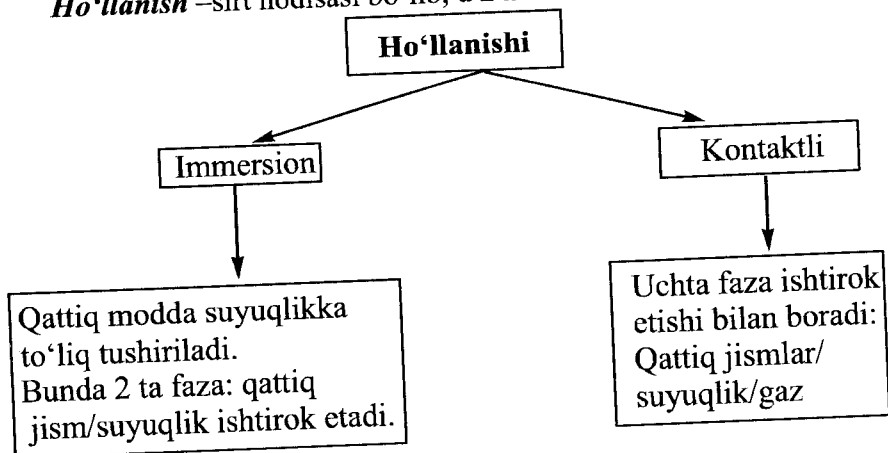
Tenglamadan ko'rinib turibdiki, adgeziya natijasida sirt energiya kamayadi, shuning uchun adgeziya o'z-o'zidan boruvchi jarayondir.

### Adgezion mustahkamlik quyidagi omillarga bog'liq:

- Bog'lanish energiyasi;
- Tutashish(kontakt)ning to'liqligi;
- Sirt bo'rtmaliligi;
- Kontaktning hosil bo'lish shakliga.

### 2.3. Qattiq jism sirtining suyuqlik bilan ho‘llanishi

*Ho‘llanish* –sirt hodisasi bo‘lib, u 2 xil bo‘lishi mumkin:



Qattiq jismning sirt tarangligini o‘lchab bo‘lmaydi. Chunki qattiq jismlar qaytar yangi sirt hosil qila olmaydi. Qattiq jismlarda yangi sirtlar hosil bo‘lish jarayoni qaytmasdir. Shuning uchun qattiq jismlar sirti bilvosita tajriba yo‘li bilan aniqlanadi.

Turli xil qattiq jismlarda sirt taranglik kattaligi turlicha va suyuqliklardagiga nisbatan yuqori bo‘ladi. Qattiq jismlarning sirt tarangligini ham kamaytirish mumkin. Bu hodisa bilan biz qattiq jism sirtiga erigan moddaning adsorbsiyalanishi va ho‘llash jarayonlarida duch kelamiz. Qattiq jismning suyuqlik bilan ho‘llanishini qarab chiqamiz. Suv tomchilari qattiq jism sirtiga tomizilganda uch holat bo‘lishi mumkin:

- Tomchi sirtida yoyilib ketadi. Ho‘llanish sodir bo‘ladi ( $W_a - W_k > 0$ );
- Tomchi sirtida shar shaklida qoladi ( $W_a - W_k < 0$ ); ho‘llanish sodir bo‘lmaydi;
- Tomchi qisman tarqalib sirtida ma’lum qirra burchagini hosil qiladi.

***Qattiq jism sirti bilan suyuqlikning kontaktli ta'sirlashuvida 3 xil holat kuzatiladi:***

Ho'llanish sodir bo'lmaydi: bu vaqtda  $180^\circ > \Theta > 90^\circ$  (masalan, simob shishani, suv parafinni ho'llamaydi).

Chegaralangan ho'llanish: bu vaqtda  $90^\circ > \Theta > 0^\circ$  (Masalan, suv metalla oksidlarini qisman ho'llaydi).

To'liq ho'llanish sodir bo'ladi: tomchi yupqa plyonka hosil bo'lib yoyiladi. (masalan, simob qo'rg'oshinni to'liq ho'llaydi).

Qattiq jism sirtining suyuqlik bilan ho'llanishini tekshirishda:

- Suyuqlik molekularining o'zaro hamda;
- Suyuqlik molekulari bilan qattiq jism molekulari orasidagi tortishish kuchlarini hisobga olish kerak.

***Agar suyuqlik molekularining o'zaro tortishish kuchi suyuqlik molekulari bilan qattiq jism molekulari o'rtasidagi tortishuv kuchidan kam bo'lsa, suyuqlik qattiq jismni ho'llaydi.*** Agar suyuqlik qattiq jismni ho'llasa, qirra burchagi (chet burchak) o'tkir ya'ni

$$\theta \leq \frac{\pi}{2} (\Theta \leq 90^\circ) \text{ bo'ladi.}$$

Agar  $\theta = 0$  bo'lsa, suyuqlik qattiq jismni to'la ho'llagan bo'ladi.

Qattiq jism sirtini faqatgina qattiq jism bilan gaz chegarasi sirt tarangligini kamaytiradigan suyuqliklar ho'llay oladi. Suv odatda ion yoki qutbli kovalent bog'lanishli mineral moddalarni ho'llay oladi. Bunday jismlarda suyuqlik yoyilib ketadi yoki, u bilan qirraviy burchak hosil qiladi. Suv bilan ho'llanadigan moddalar ***gidrofil moddalar*** deyiladi. Agar suv bilan qattiq jism ho'llanmasa ***gidrofob jismlar*** deyiladi.

Turli xil sirt yuzaga ega bo'lgan qattiq jismda tomchining holatini ko'rib chiqamiz. Suv tomchilari shishada yoyilib ketadi, ammo fluoroplastlarda shar shaklini oladi.

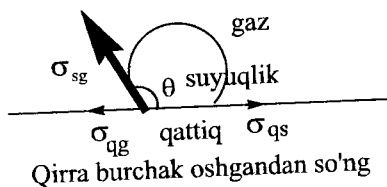
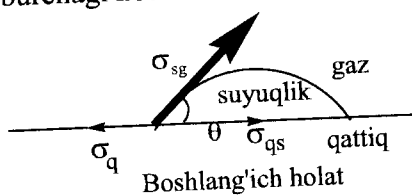
**Qattiq jism sirtida tomchining holati quyidagi fazalarning chegarasidagi sirt-taranglik bilan bog'liq:** suyuqlik-gaz(havo)-  $\sigma_{sg}$ , suyuqlik-qattiq sirt yoki qattiq sirt-suyuqlik- $\sigma_{qs}$  va qattiq sirt-gaz(havo) -  $\sigma_{qg}$ .

**Qirra burchagi** – ho'llanishning muhim xarakteristikasi hisoblanadi.

Adgeziya va ho'llash – bitta jarayonning ikki tomoni bo'lib, qattiq jism bilan suyuqlik ta'sirlashganda yuzaga keladi. Adgeziya qattiq jism uni kontaktlovchi suyuqlik orasidagi tutashish (kontakt) bilan, ho'llanish esa shunga o'xshash tutashish (kontakt) natijasi bilan tushuntiriladi. Shunday qilib, qirra burchagi qattiq jismning ho'llanish xususiyatini belgilaydi.

Agar qirra burchagi  $0 \div 90^0$  bo'lsa, bunday sirt **gidrofil (oleofob) sirt** deyiladi. Qirra burchagi  $90^0$  dan yuqori bo'lsa **gidrofob(oleofil) sirt** deyiladi.

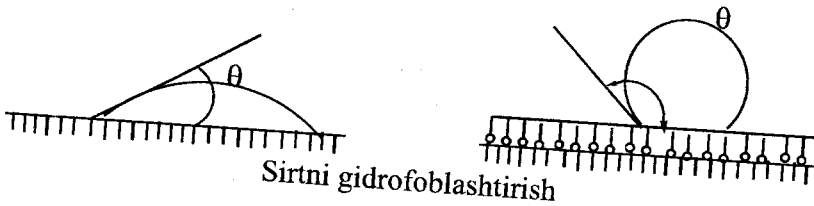
Ho'llanishning miqdoriy o'lchovi bu ho'llashning qirra burchagi kosinusidir.



**Gidrofil sirtlar** uchun  $\theta < 90^0$  va  $\cos \theta > 0$ . **Gidrofob sirtlar** uchun  $\theta > 90^0$  va  $\cos \theta < 0$ .

Qattiq jism sirti gidrofob bo'lsa uni gidrofil qilish mumkin va aksincha. Buning uchun qattiq jism sirtida SAM bilan adsorbsion qavat hosil qilinadi.

Masalan, alyuminiy plastinkasining sirti  $Al_2O_3$  ning yupqa qatlami bilan qoplanadi.  $Al_2O_3$  gidrofil bo'lib, u suv bilan yaxshigina ho'llanadi ( $\theta \approx 40^0$ ). Shuningdek sirtni gidrofob ham qilish mumkin:



Agar suyuqlik molekularining o'zaro tortishish kuchi suyuqlik molekulari bilan qattiq jism molekulari orasidagi tortishish kuchidan ortiq bo'lsa, suyuqlik qattiq jismni ho'llamaydi va uning sirtida ellipsoid shaklini oladi.

Uning ho'llanish burchagi o'tmas  $\theta > \frac{\pi}{2}$  bo'ladi.

Agar ho'llanish burchagi  $180^\circ$  ga ya'ni  $\theta = \pi$  ga teng bo'lsa, suyuqlik qattiq jismni ho'llamaydi. Ammo, amalda unday emas, chunki suyuqlik qattiq jismni oz bo'lsa ham ho'llaydi. Lekin hamma suyuqliklar qattiq jismlarning barchasini ham ho'llayvermaydi. Masalan, suv toza shisha sirtini emas, balki toza temir sirtini ho'llaydi. Xuddi biologiyadagi terminlar kabi ho'llangan qattiq jism sirtini gidrofil, ho'llanmagan sirt esa gidrofob sirtlar deyiladi. Masalan, parafin, talk, grafit, oltingugurt sirtlari.

**Gidrofil sirtli moddalarga** kvarts, shisha, oksid va gidroksidlar, oksidlangan minerallar va boshqalar kiradi.

**Gidrofob sirtli moddalarga** qattiq uglevodorodlar va ularning fitorli hosilalari, daraxtlarning barglari, hasharotlarning xitlini qoplamlari, tirik organizmlarning terilari kiradi.

Suyuqliklar adgeziyasida bajarilgan ishni hisoblaymiz. Buning uchun yuqoridagi rasmga qaytamiz. Sirt taranglik  $\sigma_{qg}$  va  $\sigma_{qs}$  qattiq jism sirtiga tangensial yo'nalgan.  $\sigma_{sg}$  sirt taranglik esa qattiq jism sirtiga  $\theta$  burchak ostida yo'nalgan.  $\sigma_{sg}$  sirt taranglikning qattiq sirtga proyeksiyasi  $\sigma_{sg} \cos \theta$  ga teng. Bu sharoitda tomchining muvozanati

$$\sigma_{qg} = \sigma_{qc} - \sigma_{sg} \cos \theta \quad \text{yoki} \quad \sigma_{sg} \cos \theta = \sigma_{qg} - \sigma_{qs} \quad \text{dan} \quad \cos \theta = \frac{\sigma_{qg} - \sigma_{qs}}{\sigma_{sg}}$$

Bunga **Yung tenglamasi** deyiladi.

Bu tenglamani amaliy hisoblashlarda qo'llash qiyinchiliklar tug'diradi. Chunki  $\sigma_{qs}$  va  $\sigma_{qg}$  qiymatlar noaniq.

Yung tenglamasidan  $\sigma_{q-g}$  va  $\sigma_{q-s}$  larning qiymatlariga bog'liq holda qirra burchagi o'tmas yoki o'tkir bo'lishligi kelib chiqadi.

Agar  $\sigma_{q-g} > \sigma_{q-s}$  bo'lsa, u holda  $\cos \Theta > 0$  bo'ladi va suyuqlik qattiq jism sirtini ho'llaydi;

Agar  $\sigma_{q-g} < \sigma_{q-s}$  bo'lsa, u holda  $\cos \Theta < 0$  bo'ladi va suyuqlik qattiq jism sirtini ho'llamaydi.

Agar  $\frac{[\sigma_{q-g} - \sigma_{q-s}]}{\sigma_{s-g}} \leq 1$  bo'lsa, qirra burchagi

$\cos \Theta = \frac{\sigma_{q-g} - \sigma_{q-s}}{\sigma_{s-g}}$  tenglamani shartini qanoatlanatiradi.

Agar  $\sigma_{q-g} > \sigma_{q-s} + \sigma_{s-g}$  bo'lsa, suyuqlik qattiq jism sirtiga to'liq yoyilib ketadi va yupqa qavat hosil qiladi. Bu holda to'liq ho'llanish sodir bo'ladi:  $\Theta = 0$

Agar  $\sigma_{q-s} > \sigma_{q-g} + \sigma_{s-g}$  bo'lsa, suyuqlik tomchisi shar shaklini oladi va sirtini ho'llamaydi:  $\Theta = \pi$

**Yung tenglamasidan quyidagi xulosa kelib chiqadi:** suyuqlik bilan qattiq jism o'rtasidagi muvozanat qaror topganda ho'llanish qirra burchagi  $\theta$  faqat sirt chegaraning molekulyar tabiatiga bog'liq, ammo tomchining katta - kichikligiga bog'liq emas. Yung tenglamasidagi  $\sigma_{qg}$  va  $\sigma_{qs}$  larni bevosita o'lchab bo'lmaydi, faqatgina ular orasidagi ayirma haqida fikr yuritish mumkin. Yung tenglamasidan **ho'llanishning miqdoriy xarakteristikasi qirra burchak kosinusi** ekanligi ko'rinib turibdi.

Sirtlarni sun'iy ravishda ho'llash va ho'llamaslik ham mumkin. Buning uchun biror qattiq uglevodorodning sirtiga sirt faol modda surkab, uni suv bilan ho'llanadigan holatga keltiriladi. Flotatsiya-boyitilish degan ma'noni bildiradi. Ho'llanish ruda va ko'mirlarni boyitishda katta rol o'ynaydi. Suvda "Kambag'al ruda" suspenziyasini tayyorlab, sirt faol modda qo'shilganida rudaning sirti gidroflanadi: bo'sh jins, kvarts, silikatlar, ohaktoshlar ho'llanib, suv tagiga cho'kadi. Agar suspenziyani havo oqimidan

o'tkazsak, gidrofoblangan rudaning zarrachalari ko'pik holida suyuqlik yuzasiga chiqadi. Bu jarayon rudaning flotatsiyasi (boyitilishi) deyiladi. Flotatsiyaning sanoatda ahamiyati juda katta.

**Ho'llanish issiqligi.** Sirt energiyasining kamayishi bilan boradigan jarayonlardan biri ho'llanishdir. Suyuqlikka biror adsorbent tushirilganida issiqlik ajralib chiqadi. Bu ho'llanish issiqligi deyiladi:

$$Q = S_{sol}(E_1 - E_2)$$

bunda  $S_{sol}$  – adsorbentning solishtirma sirti,  $E_1$  – adsorbentning adsorbent-havo chegarasidagi to'liq sirt energiya;  $E_2$  – adsorbentning adsorbent-suyuqlik chegarasidagi to'liq sirt energiyasi.

### **Ho'llanish issiqliklari 2 xil bo'ladi:**

**Differensial ho'llanish issiqligi** ya'ni ma'lum miqdor zarrachalarni adsorblab olgan suyuqlik sirtiga cheksiz kam miqdor suyuqlik qo'shilganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdoridir. Differensial ho'llanish issiqligi doimo musbat qiymatga ega bo'ladi. Sirt suyuqlikning yakka – yakka molekulari qavat (monomolekulyar qavat) bilan to'lganida differensial ho'llanish issiqligi 0 ga teng bo'ladi. Differensial ho'llanish issiqligi sof adsorbsiya issiqligiga tengligi aniqlangan.

**Integral ho'llanish issiqligi** – sirt birligiga x miqdor suyuqlik berilganida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori. Ayni sirt bilan qancha ko'p miqdor suyuqlik o'zaro ta'sirlashsa, shuncha ko'p integral issiqlik ajralib chiqadi.

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** deyiladi.

Sirtida monomolekulyar qavat hosil bo'lganida integral ho'llanish issiqligi to'liq ho'llanish issiqligiga teng bo'ladi.

Qutbli molekullardan iborat moddalarning qutbli erituvchilardagi ho'llanish issiqligi katta bo'ladi, qutbsiz molekullardan tuzilgan moddalar esa qutbsiz suyuqliklarda katta ho'llanish issiqligini namoyon qiladi.

Moddalarning solishtirma sirti ularning ho'llanish issiqligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Buni inobatga olib 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 issiqligi  $Q_1$  ning uglevodorodlarda ho'llanish issiqligi  $Q_2$  ga nisbati ( $\alpha$ ) dan foydalanishni taklif etdi:

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

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

**Suyuqliklarning yoyilishi.** Biror sirtga bir tomchi suyuqlik tomizilsa, 2 xil holat kuzatiladi:

- Suyuqlik tomchisi yoyilib ketadi;
- Suyuqlik tomchisi o'sha tomizilgan joyda turaveradi.

Tomizilgan suyuqlikning yoyilmaganligiga sabab tomchi bilan sirt o'rtasida Yung tenglamasiga muvofiq muvozanat qaror topishidir.

Tomchi jism sirtiga yoyilib ketishi uchun tomchi moddasi bilan sirtni tashkil qiluvchi modda orasidagi adgezion effekt o'sha suyuqlik zarrachalari orasidagi kogezion effektdan ortiq bo'lishi kerak:

$$W_a > W_k$$

Agar  $W_a - W_k$  ayirma musbat qiymatga ega bo'lsa, suyuqlik jism sirtida yoyilib ketadi.  $W_a - W_k$  ayirma manfiy qiymatga ega bo'lsa yoyilib ketmaydi. **Garkins** bu ayirmani suyuqlikning yoyilib ketish koeffitsiyenti deb atadi:

$$f = W_a - W_k = \sigma_{3,1} - \sigma_{2,3} - \sigma_{2,1}$$

Harorat ko'tarilganda ko'pincha adgeziya effekti kuchayib kogeziya effekti kamayadi. U holda yoyilib ketmaydigan suyuqlik tomchisi yoyilib ketishi, ho'llamaydigan suyuqlik ho'llaydigan bo'lib qolishi mumkin. Bundan tashqari, suyuqlikka adgeziyani kuchaytiruvchi ba'zi qo'shimchalar qo'shilganda ham yoyilmaydigan suyuqlik yoyiladigan bo'lib qoladi. Masalan, suv sirtida yoyilmaydigan suyuqlikka qutblangan moddalar qo'shilsa, yoyilmaydigan suyuqlik tomchisi yoyilib ketadi.



## 2.4. Kapillyar hodisalar

Sirt yuzasi qiyshayishi (buzilishi) sistema termodinamik xossalarning o'zgarishiga olib keladi va kapillyar hodisani keltirib chiqaradi.

Fazalararo sirt maydoni  $dS$  qiymatga o'zgargan bo'lsin. U holda sirt energiya  $\sigma dS$  ga o'zgaradi. Bir vaqtning o'zida fazalarning hajmi ham  $dV_1$  va  $dV_2$  ga o'zgaradi:

$$dV_1 = -dV_2;$$

Hajmning o'zgarishi har bir faza energiyasining  $p_1 dV_1$  va  $p_2 dV_2$  ga o'zgarishiga olib keladi. U holda berilgan sistema uchun Gelmgols energiyasining o'zgarishi

$$dA = -p_1 dV_1 - p_2 dV_2 + \sigma dS$$

ga teng bo'ladi.

Muvozanat vaqtida  $dA = 0$  bo'ladi.  $dV_1 = -dV_2$  ekanligini inobatga olsak,

$$-p_1 dV_2 + p_2 dV_2 = \sigma dS \text{ bo'ladi.}$$

$$(p_2 - p_1) dV_2 = \sigma dS; (p_2 - p_1) dV = \sigma dS;$$

$$p_2 - p_1 = \sigma \frac{dS}{dV} \text{ bu yerda } \frac{dS}{dV} \text{ -sirt egriligi,}$$

$$p_2 - p_1 = \Delta p \text{ - esa kapillyar bosim deyiladi.}$$

$$\text{Shar uchun: } \frac{dS}{dV} = \frac{d(4\pi r^2)}{d\left(\frac{3}{4}\pi r^3\right)} = \frac{8\pi \cdot r}{4\pi \cdot r^2} = \frac{2}{r};$$

$$\text{Silindr uchun: } \frac{dS}{dV} = \frac{1}{r};$$

$$\text{Umumiy holda: } \frac{dS}{dV} = \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right);$$

bu yerda  $r_1$  va  $r_2$  - egriliklarning asosiy radiuslari.

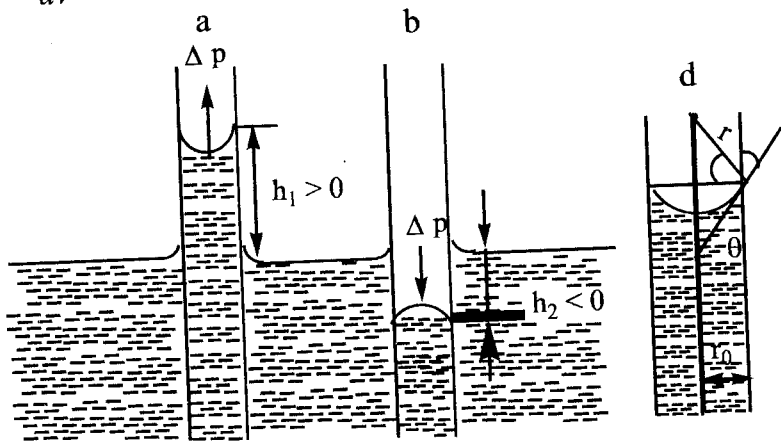
Demak,  $r$  qancha kichik bo'lsa, sirt egriligi va kapillyar bosim ( $\Delta p$ ) shuncha katta bo'ladi.

Agar egrilik markazi suyuqlik ichida yotsa, egrilik musbat; suyuqlik tashqarisida yotsa manfiy bo'ladi.

Kapillyar bosim har doim egrilik markaziga yo‘nalgan bo‘ladi.

Agar  $\frac{dS}{dV} > 0$  bo‘lsa,  $(\Delta p)$  ichki bosimni oshiradi;

$\frac{dS}{dV} < 0$  bo‘lsa,  $(\Delta p)$  ichki molekulyar bosimni kamaytiradi.



Rasm. a – manfiy egrilik (ho‘llaydigan suyuqlik);  
b – musbat egrilik (ho‘llamaydigan suyuqlik).

Ortiqcha ichki molekulyar bosim  $\Delta p$  bilan sirt egriligi o‘rtasida quyidagicha bog‘liqlik mavjud (Laplas tenglamalari):

- Shar shaklidagi sirt uchun:  $\Delta p = \pm \frac{2\sigma}{r}$ ;
- Silindrik sirt uchun:  $\Delta p = \pm \frac{\sigma}{r}$
- Umumiy holda (barcha turdagi zarrachalar uchun):

$$\Delta p = \pm \sigma \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right).$$

Bu tenglamalar **Laplas kapillyar bosim qonuni** tenglamalaridir. Muvozanat holatida Laplas bosimi gidrostatik bosimga teng bo‘ladi:

$$\Delta p = \pm 2\sigma / r = (\rho - \rho_0)gh$$

bu yerda  $\rho$  – suyuqlikning zichligi;  $\rho_0$  – gaz fazaning zichligi;  $g$  – erkin tushish tezlanishi;  $r$  – menisk radiusi.

b-rasmda kapillyarda suyuqlik meniski ko'rsatilgan. Bundan  $r_0 = r \cdot \cos \Theta$  ekanligi ko'rinib turibdi. U holda kapillyar ko'tarilish balandligi **Jyuren formulasi** bilan aniqlanadi:

$$h = \frac{2\sigma \cdot \cos \Theta}{r_0(\rho - \rho_0)g}$$

Ho'llanish bo'lmaganda ( $\Theta > 90^\circ$ ;  $\cos \Theta < 0$ ) kapillyardagi suyuqlik sathi  $h$  qiymatga tushadi;

To'liq ho'llashda ( $\Theta = 0^\circ$ ,  $\cos \Theta = 1$ ), menisk radiusi kapillyar radiusiga teng bo'ladi.

**Suyuqlik va bug' orasida sirt buzilishi sodir bo'lganda ular orasidagi muvozanatni ifodalash uchun Tomson (Kelvin) tenglamasi ishlatiladi:**

$$\ln \frac{P_r}{P_\infty} = \pm \frac{2\sigma \cdot V_m}{rRT}$$

Bu kapillyar kondensatsiya tenglamasi deb nomlanadi.

$$\Delta P = \sigma \frac{dS}{dV} \text{ (Laplas qonuni)}$$

Fazalardagi bosimlar farqiga **kapillyar bosim** deyiladi.

Disperslikka bog'liq holda erkin energiyaning o'zgarishi modda eruvchanligining o'zgarishiga olib keladi. Bu Gibbs – Ostvald tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\ln \frac{S_r}{S_\infty} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot V_M}{r \cdot R \cdot T}$$

Bu yerda  $S_r$  va  $S_\infty$  - moddaning yuqori dispers holatdagi va yirik zarrachalarning muvozanat holatidagi eruvchanliklari. Bundan tashqari sirtning egriligi bilan bog'liq bo'lgan o'lchamli omillar ham mavjud. Masalan, disperslik quyidagi tenglamaga mos ravishda fazoviy o'tishlar (masalan, suyuqlanish harorati) haroratiga ta'sir ko'rsatadi:

$$T_r = T_\infty - \frac{\sigma \cdot V_M \cdot T_\infty}{\Delta H_f} \cdot \frac{VS}{dV}$$

Radiusi r bo'lgan sferik zarrachalar uchun:

$$T_r = T_\infty - \frac{2 \cdot \sigma \cdot V_M \cdot T_\infty}{r \Delta H_f}$$

bu yerda  $T_r$  – disperslangan holatda moddaning fazoviy o'tish harorati;  $T_\infty$  - nodisperslangan modda uchun fazoviy o'tish harorati;  $\Delta H_f$  – fazoviy o'tish entalpiyasi.

## 2.5. Kapillyar bosim va uning ahamiyati

Qattiq jismning suyuqlik bilan ho'llanishiga asoslangan jarayonlarda gaz faza bilan suyuqlik chegarasidagi sirt sferik (do'ng yoki botiq) shaklga ega bo'lganligi tufayli kapillyar bosim vujudga keladi. Agar biror suyuqlikka kapillyar naychani tushirsak nayning ichidagi sirt do'ng holatida bo'lsa, sirtida turgan molekulani suyuqlik ichiga tortadigan molekulalar soni tekis sirtidagiga qaraganda oz bo'ladi.

Agar sirt botiq bo'lsa, uning aksi bo'ladi. Shuning uchun, botiq sirtida molekulalar orasidagi tortishuv o'zaro kuchli bo'ladi. Jism ho'llanganida suyuqlik sirtining tekis holati bilan sferik holatida ko'rinadigan bosimlar orasida kapillyar bosim vujudga keladi. U - P bilan belgilanadi va tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta P = P_{\text{sferik sirt}} - P_{\text{tekis sirt}}$$

bu yerda, P sferik sirt - sferik sirtli suyuqlik bosimi, P tekis sirt - tekis sirtli suyuqlik bosimi.

Laplas kapillyar bosimning suyuqlikning sirt tarangligi, hamda suyuqlik qattiq jismni ho'llaganida hosil bo'ladigan sferik sirtining radiusiga bog'liqligini tekshirib quyidagi formulani yaratdi:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R} \quad \text{yoki} \quad \Delta P = \sigma \frac{ds}{dv}$$

bu yerda:  $\sigma$  - sirt taranglik; R - sferik sirt radiusi.

Tenglamadan ma'lumki, tekis sirt hosil bo'lganda  $\Delta P=0$ , ya'ni ( $P=\infty, 1/\infty=0$ ) do'ng sirtidan esa  $\Delta P=0$ ;

Yer osti suvlarining tuproq kapillyarlari orqali ko'tarilishi, yerda o'simlik olamining mavjudligini ta'minlaydi. Suyuqlikni kapillyar nayda ko'tarilishiga asoslanib yuqoridagi sirt taranglikni aniqlash usullari yaratiladi.

**Mavzuga doir masalalar yechish**

**1-masala.** Kadmiy tomchilaridan iborat tuman kondensatsiyalanganida  $12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  suyuq kadmiy hosil bo'ladi. Kondensatsiya sodir bo'layotgan vaqtda haroratda sirt taranglik  $570 \text{ mJ/m}^2$  ga teng. Barcha tomchilarning erkin sirt energiyasi  $53 \text{ J}$  ni tashkil etsa, suyuq kadmiy tomchisining diametrini va dispersililigini aniqlang.

**Yechish:** Sirt Gibbs energiyasi:  $G_s = \sigma S$  formula bo'yicha hisoblanadi.  $S_{\text{sol}}$ , sirt  $S$ ,  $V$  va  $D$  orasida  $S_{\text{sol}} = \frac{S}{V} 6DV$  bog'lanish mavjud. Tomchining sirt yuzasi  $S = 6DV$  ga teng.

$$G_s = \sigma \cdot S \text{ dan } G_s = \sigma \cdot 6 \cdot D \cdot V;$$

Bundan

$$D = \frac{G_s}{6\sigma V} = \frac{53}{570 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6}} = 1,24 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1};$$

Kadmiy tomchisining diametri:

$$a = \frac{1}{D} = 8,1 \cdot 10^{-7} \text{ m ga teng.}$$

**2-masala.**  $270,8 \text{ K}$  da havoda suv tomchilari tuman hosil qiladi (to'yinuvchanlik koeffitsiyenti  $4,21$  ga teng). Tumandagi molekullarning sonini va kondensatsiya yadrosining kritik o'lchamini hisoblang. Suvning sirt tarangligi  $74 \text{ mJ/m}^2$  ga, suvning mol hajmi  $18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mol}$  ga teng.

**Yechish:** Kelvin formulasidan foydalanamiz:

$$\ln \frac{P_r}{P_{\infty}} = \ln \gamma = \frac{2\sigma V_m}{RT r} \text{ dan } r = \frac{2\sigma V_m}{RT \ln \gamma};$$

$$r = \frac{2,74 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-6}}{8,314 \cdot 270,8 \cdot \ln 4,21} = 0,82 \text{ nm};$$

$$\text{Molekular soni: } N = \frac{V_{\text{adro}} \cdot N_A}{V_v} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (8,2 \cdot 10^{-10})^3}{3 \cdot 18 \cdot 10^{-6}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 78.$$

**3-masala.** 0,1 % li saxarozaning eifirdagi eritmasining sirt tarangligi  $30 \text{ mJ/m}^2$  ga teng. Agar ho'llashning qirra burchagi qattiq jismga nisbatan  $15^\circ$  bo'lsa, adgeziya va koageziya ishlarini hisoblang.

**Yechish:** Koageziyaning ishi:

$$W_K = 2\sigma_{cg} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ mJ/m}^2$$

Adgeziya ishi:

$$W_a = \sigma_{sg} (1 + \cos \Theta) = 30(1 + \cos 15) = 59 \text{ mJ/m}^2$$

Pufakchaga nisbatan adgeziya ishi:

$$W_a = \sigma_{sg} (1 - \cos \Theta) = 30(1 - \cos 15) = 1,02 \text{ mJ/m}^2;$$

**4-masala.** 298 K da dispersligi  $D = 1 \text{ mkm}^{-1}$ , konsentratsiyasi 70% bo'lgan geksanning suvdagi emulsiyasining to'liq sirt energiyasini hisoblang. Geksanning zichligi  $0,655 \text{ g/sm}^3$  ga, sirt taranglik  $18,41 \text{ mJ/m}^2$ , sirt tarangligi harorat koeffitsiyenti  $d\sigma/dT = -0,104 \text{ mJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$  ga teng.

**Yechish:** To'liq sirt energiya Gibbs – Gelmgols tenglamasi

$$\text{bo'yicha topiladi: } U_s = \left[ \sigma - T \left( \frac{d\sigma}{dT} \right) \right] \cdot S$$

70% li 10 g emulsiyada geksan tomchisining sirti:

$$S = 6DV = 6D \frac{m}{\rho} = \frac{6,1 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3}}{655} = 64 \text{ m}^2;$$

$$U_s = (18,41 \cdot 10^{-3} + 0,104 \cdot 10^{-3} \cdot 298) \cdot 64 = 3,16 \text{ kJ};$$

**5-masala.** 293 K da massasi 4 g bo'lgan suvli tumanning Gibbs energiyasi ( $G_s$ ) ni toping. Suvning sirt tarangligi  $\sigma = 72,7 \text{ mJ/m}^2$ ,

suvning zichligi  $\rho = 0,998 \text{ g / sm}^3$ , zarrachaning dispersligi  $D = 50 \text{ mkmm}^{-1}$  ga teng.

**Yechish:** Sirtning Gibbs energiyasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$G_S = \sigma \cdot S, \quad S_{sol} = \frac{S}{V} = 6D \text{ dan}$$

$$S = 6DV = 6D \frac{m}{\rho} \text{ va}$$

$$G_S = 6D \frac{m}{\rho} \sigma = 6 \cdot 5 \cdot 10^7 \cdot (4 \cdot 10^{-3} / 998) \cdot 0,0727 = 87,41 \text{ J};$$

**6-masala.** Agar diametri  $d = 1 \cdot 10^{-3}$  bo'lgan kapillyarda suyuqlik  $h = 32,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  balandlikka ko'tarilsa, suyuqlikning sirt tarangligini hisoblang.  $\rho_{suyuqlik} = 1000 \text{ kg / m}^3$ . Ho'llanishning qirra burchagi  $0^\circ$ .

**Yechish:** Joren formulasi:  $\sigma = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot r \cdot \cos \Theta}{2}$  dan

$$\sigma = \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 32,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{2} = 79,9 \cdot 10^{-3} \text{ N / m};$$

**7-masala.** Qirra burchagi  $90^\circ$  ga, suvning sirt tarangligi  $71,96 \text{ mJ / m}^2$  ga teng bo'lsa, suv-grafit sistemasida adgeziya ishini hisoblang. Suvning grafitda yoyilish koeffitsiyentini toping.

**Yechish:** Dyupre-Yung tenglamasidan:

$$W_A = \sigma_{sg} (1 + \cos \Theta) = (1 + \cos 90) = 71,96 \text{ mJ / m}^2;$$

Kogeziya ishi:

$$W_K = 2\sigma_{H_2O} = 2 \cdot 71,96 - 143,92 = -71,96 \text{ mJ / m}^2,$$

Yoyilish koeffitsiyenti:

$$f = W_A - W_K = 71,96 - 143,92 = -71,96 \text{ mJ / m}^2,$$

demak, suv grafitda yoyilmaydi.

**8-masala.**  $293 \text{ K}$  da simobning shishaga adgeziya ishini hisoblang. Qirra burchagi  $\Theta = 130^\circ$ . Simobning sirt tarangligi

$\sigma = 475 \text{ mJ/m}^2$ . Shisha sirti bo'yicha simobning yoyilish koeffitsiyentini hisoblang.

**Yechish:**

$$W_a = \sigma_{s-u} \cdot (1 + \cos \Theta) = 475(1 + \cos 130^\circ) = 475 \cdot (1 - 0,64) = 171 \text{ mJ/m}^2.$$

$$W_K = 2\sigma_{Hg} = 2 \cdot 475 = 950; \quad f = 171 - 2 \cdot 475 = -779 \text{ mJ/m}^2.$$

Yoyilish bo'lmaydi.

**9-masala.** 313 K da massaviy konsentratsiyasi 65% bo'lgan benzolning suvdagi 1 g emulsiyasining to'liq sirt va fazalararo sirtning Gibbs energiyasini hisoblang. Disperslik  $5 \text{ mkm}^{-1}$ . Ushbu haroratda benzolning zichligi  $0,858 \text{ g/sm}^3$ , sirt tarangligi  $30 \text{ mJ/m}^2$ , benzolning sirt tarangligining harorat koeffitsiyenti  $-0,13 \text{ mJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ga teng.

**Yechish:** Avvalo benzol tomchisining sirt yuzasini hisoblaymiz:

$$S = 6DV = 6D \frac{m}{\rho} = 6 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 65\%}{858 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 100\%} = 22,73 \text{ m}^2.$$

$$G_s = \sigma \cdot S = 30 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \cdot 22,73 = 0,682 \text{ J}$$

Emulsiyaning to'liq sirt energiyasi  $U$  – Gibbs – Gelmgols tenglamasidan foydalanib topiladi:

$$U = \left[ \sigma - T \left( \frac{d\sigma}{dT} \right) \right] \cdot S = \left[ 30 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{m}^2} - 313 \text{K} \cdot (-0,13 \cdot 10^{-3}) \right] \cdot$$

$$22,73 = 1,6 \text{ J}$$

**10-masala.** 293 K da simobning shishaga nisbatan adgeziya ishini hisoblang. Ho'llanish burchagi  $130^\circ$  ga, simobning sirt tarangligi  $475 \text{ mJ/m}^2$  ga teng. Shishaning sirti bo'yicha simobning yoyilish koeffitsiyentini toping.

**Yechish:** Adgeziya ishi Dyupre-Yung tenglamasidan foydalanib hisoblanadi:

$$W_a = \sigma_{s-g}(1 + \cos \Theta) = 475 \cdot (1 + \cos 130^\circ) = 475 \cdot (1 - 0,64) = 171 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Yoyilish koeffitsiyenti Garkins tenglamasi bo'yicha hisoblab topiladi:



$$f = W_a - W_K = W_a - 2\sigma_{c-g} = 171 - 2 \cdot 475 = - 779 \frac{MJ}{m^2}$$

Yoyilish koeffitsiyentining manfiy qiymatga ega ekanligi suyuqlikning yoyilmasligini bildiradi.

**11-masala.** Ikkita vertikal joylashgan parallel plastinkalar bir-biridan  $d = 1$  mm masofada suyuqlikka qisman tushirildi. Plastinkalarning ho‘llanish burchagi  $30^0$  ga teng. Suyuqlikning sirt tarangligi  $65 \text{ mJ/m}^2$  ga, suyuqlik bilan havo zichliklari orasidagi farq  $1 \text{ g/sm}^3$  ga teng. Suyuqlikning ortiqcha bosimini va suyuqlikning plastinkalar orasida ko‘tarilish balandligini aniqlang.

**Yechish:** Kapillyar (ortiqcha) bosim Laplas tenglamasi bo‘yicha hisoblanadi:

$$\Delta p = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \Theta}{d} = - \frac{2 \cdot 65 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87}{1 \cdot 10^{-3}} = - 113,1 \text{ Pa}$$

Suyuqlikning silindrik meniski uchun suyuqlikning ko‘tarilish balandligi Jyuren tenglamasi bo‘yicha hisoblanadi:

$$h = \frac{2\sigma \cos \Theta}{\Delta \rho g d} = \frac{2 \cdot 65 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87}{1 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 0,0115 \text{ m} = 1,15 \text{ sm.}$$

**12-masala.** 293 K da dispersligi  $0,1 \text{ nm}^{-1}$  bo‘lgan suv tomchilari ustidagi to‘yingan bug‘ bosimini hisoblang. Ushbu haroratda tekis sirt yuzida suv bug‘larining to‘yingan bosimi 2338 Pa ga, suvning zichligi  $0,998 \text{ g/sm}^3$ , suvning sirt tarangligi  $72,7 \text{ mj/m}^2$  ga teng.

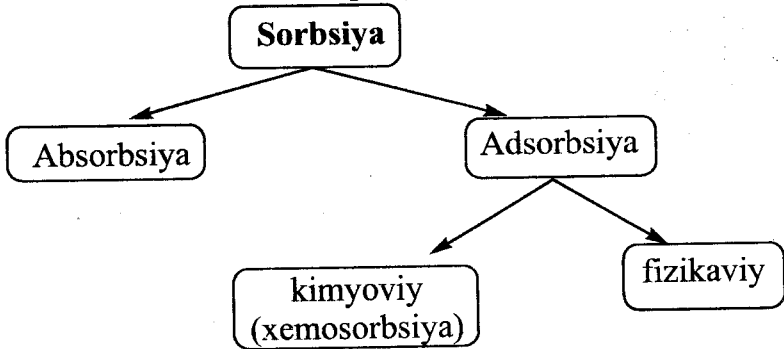
**Yechish:**

$$\ln \frac{P}{P_s} = \frac{2\sigma V_M}{RT_r} = \frac{2\sigma M 2D}{RT\rho} = \frac{2 \cdot 0,0727 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 10^9}{8,31 \cdot 293 \cdot 998} = 0,21$$

bu yerda  $\frac{P}{P_s} = 1,23$  va  $\rho = 1,23 \cdot 238 = 2875 \text{ Pa.}$

## 2.5. Adsorbsiya

### 2.5.1. Adsorbilanish haqidagi umumiy tushunchalar



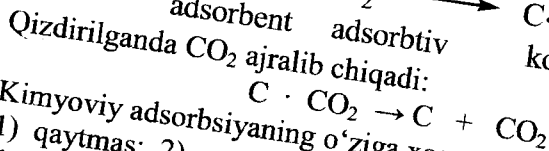
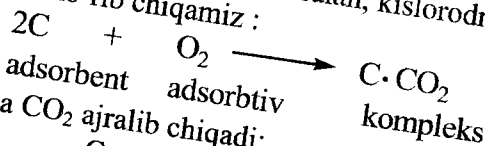
Barcha dispers sistemalarda, dispers faza zarrachalari sirtida katta miqdorda sirt energiya zahirasi bo'ladi. Bu sirt energiya doim kamayishga intiladi, shuning uchun ham kolloid sistemalar beqarordir. Sirt energiyasini kamayishga olib keluvchi jarayonlardan biri suyuqlik yoki qattiq jism sirtida boshqa modda molekulari, atomlari va ionlarining yig'ilish hodisasidir.

Ikki faza chegara sirtida moddalar konsentratsiyalarining o'zgarishi **adsorbsiya** deyiladi. Adsorbsiya jarayonida qattiq yoki suyuq jism sirtida boshqa moddalar yig'iladi. O'z sirtiga boshqa modda zarrachalarini yutgan suyuqlik yoki qattiq jism **adsorbent**, yutilgan moddalar esa **adsorbentiv** deyiladi. Umuman qattiq jismga moddalarning yutilishi **sorbsiya** deyiladi.

Agar modda qattiq jism sirtiga yutilsa, bu hodisa adsorbsiya (yoki o'zaro kimyoviy ta'sir ro'y bermasa, fizikaviy **adsorbsiya** deb), uning ichki qismiga (butun hajmi bo'yicha) yutilganda esa **absorbsiya** deyiladi. Agar modda geterogen sistemada bo'ladigan kimyoviy reaksiya tufayli yutilsa, bu hodisa **xemosorbsiya** deyiladi. Xemosorbsiya jarayonida yangi faza vujudga keladi. Xemosorbsiya ko'pincha qattiq jismning hamma hajmiga tarqaladi. Natron ohak bilan sulfat angidridi orasidagi xemosorbsiya bunga misol bo'la oladi. Xemosorbsiya odatda qaytmas jarayonlar jumlasiga kiradi. Bu

holda adsorbsiyaning issiqlik effekti kimyoviy birikmalarning hosil bo'lish issiqliklariga yaqin keladi.

Xemosorbsiyada modda adsorbentga yutilishi bilan birga kimyoviy reaksiyaga ham kirishadi. Masalan, kislorodning ko'mirga adsorbsiyalanishini ko'rib chiqamiz :



Kimyoviy adsorbsiyaning o'ziga xos xususiyatlari :

- 1) qaytmas; 2) spetsifik (kimyoviy reaksiya sodir bo'lsagina adsorbsiya kuzatiladi);
- 3) Adsorbsiya issiqligi yuqori (800-1000 kJ/mol ga yetadi);
- 4) Harorat ko'tarilishi bilan xemosorbsiya ortadi.

Fizik adsorbilanishda quyidagi hollar kuzatiladi:

- 1) Adsorbsiya deyarli katta tezlik bilan boradi.
- 2) Adsorbsiya qaytar tarzda boradi.
- 3) Temperatura oshganda adsorbilanish kamayadi.
- 4) Adsorbsiyaning issiqlik effekti qiymat jihatdan suyuqlanish yoki bug'lanish issiqliklariga yaqin bo'ladi.

Ba'zan o'z kritik temperaturasidan past temperaturada sorbsiya vaqtida gaz qattiq jism g'ovaklarida kondensatlanib, suyuq holatga o'tadi. Bu hodisa **kapilyar kondensatlanish** deyiladi. Adsorbilanuvchi modda bir yoki bir nechta qatlamlardan iborat bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra adsorbilanish **monomolekulyar** yoki **polimolekulyar** deb nomlanadi.

Adsorbsiya hodisasi qattiq jism bilan suyuq jism o'rtasida, qattiq jism bilan gaz o'rtasida, suyuqlik bilan gaz o'rtasida va bir-birida kam eriydigan ikki suyuqlik o'rtasida sodir bo'lishi mumkin.

Adsorbent va adsorbktiv orasidagi ta'sir fizikaviy adsorbsiya rayonida quyidagi adsorbsion kuchlar natijasida vujudga keladi:

- a) dispersion kuchlar; b) induksion kuchlar; d) elektrostatik kuchlar va vodorod bog'lar natijasida vujudga keluvchi kuchlar.

Fizik adsorbsiyaning o'ziga xos xususiyatlari:

- Qaytarlilik: Sorbsiya ↔ desorbsiya

- Spetsifikligi kam. Qutbli adsorbentlarga qutbli moddalar, qutbsiz adsorbentlarga qutbsiz moddalar adsorbilanadi.
- Adsorbsiya issiqligi kichik (8-40 kJ/mol ni tashkil etadi).
- Harorat ko'tarilishi bilan adsorbsiya kamayadi:  $\frac{dT_i}{dT} < 0$ ;

desorbsiya esa ortadi.

*Umuman olganda adsorbsiya jarayoni yutuvchi va yutiluvchi moddalarning tabiatiga, temperaturaga, gazning bosimiga, adsorbentning solishtirma sirtiga bog'liq bo'lish bilan birga adsorbentning eritmadagi konsentratsiyasiga ham bog'liq.*

*Fizik adsorbilanish izotermasi ham monomolekulyar ham polimolekulyar bo'ladi. Kimyoviy adsorbilanish izotermasi esa monomolekulyar bo'ladi. Adsorbilanish qiymati adsorbilanuvchi moddaning sirtidagi konsentratsiyaning o'zgarishi bilan aniqlanadi va G- harfi bilan belgilanadi. G - 1 sm<sup>2</sup> adsorbent sirtiga to'g'ri keladigan adsorbentning mol miqdori bilan xarakterlanadi.*

*Adsorbsion muvozanat holatida gaz fazadagi moddaning konsentratsiyasi muvozanat konsentratsiyasi deyiladi.*

*Eritmadagi erigan moddaning adsorbilanishini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi.*

$$G = \frac{n(N_0 - N)}{mS_{sol}}$$

bu yerda G-adsorbsiya, n-eritmadagi moddaning umumiy mollar soni, N<sub>0</sub>-moddaning eritmadagi adsorbilanishga qadar mol qismi, N adsorbilanishdan keyingi mol qismi, m-adsorbent massasi.

Gaz va suyuqliklarning qattiq jismga adsorbilanishini o'lchash uchun adsorbent tajribadan avval va keyin bevosita tortiladi, so'ng adsorbsiya hisoblab topiladi.

*Adsorbsiyaning ikkinchi tavsifi* adsorbsiya vaqti belgilanadi. Adsorbilangan molekulaning adsorbent sirtida vaqti adsorbsiya vaqti deyiladi. Agar molekula bilan sirt orasida hech qanday tortishish kuchlari mavjud bo'lmasa, bu molekulaning tebranish davri 10<sup>-12</sup> - 10<sup>-13</sup> sekund chamasida bo'ladi. Molekula bilan sirt orasida tortishish kuchlari mavjud bo'lsa, molekula sirtida tutib turgan kuchni yengish uchun zaruriy energiya

olingandagina molekula sirtidan ajralib ketadi. Molekula bu energiyani issiqlik harakatining flyukuatsiyasi tufayli olishi mumkin. 1924-yilda S. Ya. Frenkel adsorbsion vaqti bilan temperatura orasidagi bog'lanish uchun quyidagi tenglamani taklif qildi:

$$t = t_0 e^{Q/RT}$$

Adsorbsiya vaqti Frenkel tenglamasiga muvofiq o'zgaradi. Bu yerda  $Q$ -molekula bilan sirt orasidagi o'zaro ta'sir energiyasi (adsorbsiyaning molyar issiqligi);  $t_0 = 10^{13} - 10^{12}$  sek, ya'ni molekula bilan sirt orasida hech qanday tortishish kuchlari mavjud bo'lmagan vaqtidagi adsorbsiya.

Adsorbsiya hodisasiga oid dastlabki ishlar XVIII asrning ikkinchi yarmida boshlangan. 1973-yilda Sheele ko'mirning, har xil gazlarni yutishini kuzatgan. So'ngra 1785-yilda T. E. Lovis suvli eritmalarini turli qo'shimchalardan tozalashda ko'mirdan foydalangan. Adsorbsiya hodisasi faqat ko'mirda kuzatilmay balki, boshqa g'ovak moddalarda ham kuzatiladi. Adsorbsiya hodisasi turmushda juda keng qo'llaniladi. Bo'yash jarayoni, tabiiy oqava suvlarini, sharbatlarni, yog'larni tozalash jarayonlari, hamda geterogen katalizator ham adsorbsiya hodisasi bilan bog'liqdir.

### 2.5.2. Adsorbsion muvozanat. adsorbsiya issiqligi

**Adsorbsion muvozanat.** Adsorbsiya hodisasi ham xuddi suyuqlikning bug'lanishi, moddaning suvda erishi kabi qaytar jarayondir. Bu yerda bir-biriga qarama -qarshi ikki jarayon bo'ladi:

- *biri moddaning yutilishi bo'lsa,*
- *ikkinchisi yutilgan moddaning adsorbent sirtidan chiqib ketishidir.*

Adsorbsiya hodisasida ham yutilish jarayoni avval tez boradi so'ngra yutilish va ajralib chiqish jarayonlari tenglashib sistema adsorbsion muvozanat holiga keladi. Adsorbsion muvozanat juda tez qaror topadi. Agar muvozanat uzoq vaqt davomida qaror topmasa, adsorbsiya boshqa xil jarayonlar bilan dinamik muvozanatlashgan deyish mumkin.

Adsorbsion muvozanat ham dinamik muvozanatdir. Adsorbsion muvozanat holati temperatura o'zgarganda o'zgaradi.

Adsorbsiya jarayoni issiqlik chiqarish bilan boradi. Adsorbsiya jarayonida ajralib chiqqan issiqlik **adsorbsiya issiqligi** deyiladi.

Adsorbtsion muvozanatning siljishi Le-Shateele prinsipiga bo'ysunganligi uchun temperatura ko'tarilganida muvozanat modda kam yutiladigan tomonga qarab siljiydi. Desorbtsiya jarayoni aksincha, issiqlik yutilishi bilan boradi. Shu sababli temperaturani oshirish orqali adsorbentga yutilgan moddani qaytadan chiqarish mumkin. Agar adsorbent bilan absorbtiv o'rtasida kimyoviy reaksiya sodir bo'lsa, adsorbtsion muvozanat qaror topmaydi. Bu holda adsorbtsiya qaytmas jarayon xarakteriga ega bo'ladi.

Adsorbtsion muvozanatning tez yoki sekin qaror topishi adsorbent yuzasining g'ovakli yoki g'ovaksiz bo'lishiga bog'liqdir. G'ovaklar katta bo'lsa, adsorbtsion muvozanat tez, kichik bo'lsa sekin qaror topadi. Buni quyidagi jadvalda ko'rish mumkin.

Ko'mir g'ovagining radiusi	Muvozanatning qaror topishi	
	Propion kislota	Geptil kislota
I	> 1 soat	2 soat
II	3 sutka	32 sutka
III	10 sutka	muvozanat qaror topmagan
IV	30 sutka	> 31 sutka

Jadvalda keltirilgan adsorbent g'ovagining radiusi I- IV qadar kamayib borish tartibida joylashtirilgan.

**Adsorbtsiya issiqligi.** Fizikaviy adsorbtsiyada ham, xemosorbtsiyada ham issiqlik effekti kuzatiladi, ya'ni issiqlik chiqadi. Xemosorbtsiyada ajralib chiqqan issiqlik miqdori kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effektiga yaqin keladi. Fizikaviy adsorbtsiyada ajralib chiqqan issiqlik kalorimetrlar yordamida o'lchanadi, lekin bunda olingan natijalar taqribiy bo'ladi, chunki adsorbtsiya va demak, issiqlik chiqishi uzoq vaqtga cho'ziladi. Adsorbtsiya issiqligi ikki xil bo'ladi:

1) 1g adsorbentga gaz yoki bug' yutilganda ajralib chiqqan umumiy issiqlik miqdori adsorbtsiyaning *integral issiqligi* deyiladi va ushbu formuladan topiladi:

$$q = \frac{Q}{m}$$

bunda Q-ajralib chiqqan umumiy issiqlik miqdori (j), m-adsorbent massasi (grammda);

2) Adsorbentga ma'lum miqdorda modda yutilgandan keyin yana bir mol yutilganda ajralib chiqqan issiqlik adsorbsiyaning *differensial issiqligi* deyiladi, ya'ni:

$$q = \frac{dQ}{dn}$$

Adsorbsiya issiqligini juda sezgir kalorimetrlarda o'lchash yoki adsorbsiya izotermasidan aniqlash mumkin.

Adsorbsiyani miqdoriy xarakterlash uchun 2 ta kattalik ishlatiladi:

**1. Solishtirma (Gibbs) adsorbsiya  $G_i$ :**

$$G_i = \frac{n_i - (n_i^I + n_i^{II})}{S} = \frac{n_i^S}{S}$$

bu yerda  $n_i$  – real sistemada modda miqdori;  $n_i^I$  - I fazada,  $n_i^{II}$

- II fazada modda miqdori; C fazalararo sirt yuza;

**2. To'liq adsorbsiya  $a_i$ :** To'liq adsorbsiya – qalinligi  $\sigma$  bo'lgan sirt qatlamning sirt birligidagi modda miqdori yoki adsorbent massasi:

$$a_i = C_1^S \cdot \sigma$$

$G_i$  va  $a_i$  orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$a_i = G_i + C_1 \sigma$$

$a_i$  har doim 0 dan katta bo'ladi.

$G_i$  0 dan katta ham kichik ham bo'lishi mumkin.

### 2.5.3 Adsorbsiyaning sabablari

Sirt taranglikning ortiqchaligi moddaning hajmida va sirt yuzasida kimyoviy potensialning har xil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Fizik - kimyoviy shu jumladan fazalarning chegara hajmidagi jarayonlarning sodir bo'lish imkoniyatlari termodinamikada kimyoviy potensial bilan aniqlanadi.

**Kimyoviy potensial** – sistemalardagi birorta komponentning sistemaning xossalriga ta'sirini shu komponentning miqdoriga bog'liq holda o'rganadi. Masalan, vodorod bilan azotning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida ma'lum sharoitda ammiak hosil bo'ladi ( $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ ). Kimyoviy muvozanat o'rnatilguncha azot va vodorodlarning konsentratsiyalari kamayib, ammiakning konsentratsiyasi ortib boradi. Sistemaning har bir komponenti ( $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) sistemaning ba'zi parametrlarining (hajm, issiqlik sig'imi va boshqalar) va termodinamik holat funksiyasining, shu jumladan Gibbs energiyasining o'zgarishiga olib keladi. Kimyoviy potensial Gibbs energiyasining o'zgarishini ( $\Delta G$ ) berilgan komponentning miqdoriga bog'liq holda xarakterlaydi.

Kimyoviy potensial istalgan fizik – kimyoviy jarayonning shu jumladan fazalar chegarasi qismining ham intensivlik omilidir. Jismning temperaturasi ham intensivlik omilidir. Izolyatsialangan sistemalarda issiqlik issiqroq jismdan issiqligi kamroq jismga (ularning temperaturalari tenglashguncha) o'z-o'zidan o'tadi. Issiqlikni uzatish sharoitni quyidagicha ifodalash mumkin:

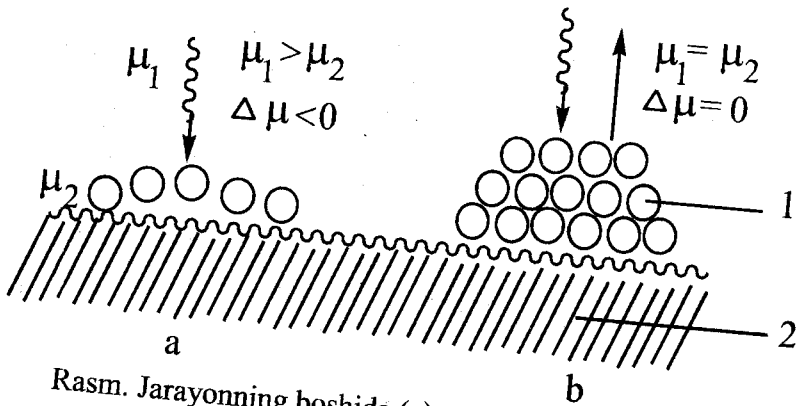
$$\Delta T = (T_2 - T_1) \leq 0$$

Quyidagi rasmga mos ravishda adsorbsiyada kimyoviy potensialning o'zgarishi:

$$\Delta \mu = (\mu_2 - \mu_1) \leq 0$$

“ < ” belgi jarayonning o'z-o'zidan borishini, “ = ” belgi esa muvozanat holida bo'lishligini bildiradi.





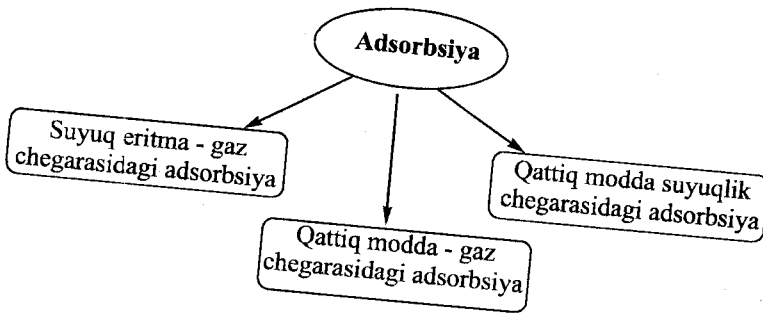
Rasm. Jarayonning boshida (a) va muvozanat vaqtidagi (b) adsorbsiya  
 1-adsorbat molekulasi; 2-adsorbent

Tenglamaga muvofiq birorta moddaning sirtidagi kimyoviy potensial ( $\mu_2$ ), uning tashqarisidagi kimyoviy potensial ( $\mu_1$ ) dan kichik bo'lsa, fazalarning sirt qismida jarayonlar sodir bo'ladi.

Adsorbsiya o'z-o'zidan sodir bo'ladi va adsorbilanish to'g'ri va teskari jarayonlari o'rtasida muvozanat o'rnatilguncha davom etadi.

### 2.5.4. "Suyuq eritma-Gaz" chegarasidagi adsorbsiya

*Adsorbsiya adsorbent va adsorbentlar agregat holatiga ko'ra 3 ga bo'linadi:*



Ma'lumki, kolloid sistemalarning barcha xossalari geterogenlik va disperslik yoki bu ikki asosiy belgilarning oqibatlari deb qarash mumkin. Chunki, dispers sistemalarning geterogenligi yoki ko'p fazalik belgisi kolloid kimyoda fazalararo sirtlar, sirt qavatlar, ya'ni sirt hodisalar mavjudligini ta'minlovchi belgi sifatida namoyon bo'ladi. Shunga ko'ra kolloid kimyoda sirtga sodir bo'ladigan jarayonlarni o'rganish eng muhim vazifa deb qaraladi. Sirt hodisalarning eng muhimlaridan biri adsorbsiya jarayoni bo'lib, hatto dispers sistemalarning hosil bo'lishi ham shu jarayonlar bilan chambarchas bog'liqdir.

Fazalarning chegara qismiga adsorbilanishi natijasida sirt taranglikni kamaytiradigan organik moddalar – *sirt-faol* moddalar deyiladi.

O'zaro kontaktga bo'lgan fazalarda yutilayotgan moddaning taqsimlanishi adsorbsion muvozanat konstantasi bilan xarakterlanadi:

$$K_{\text{taqsiml}} = \frac{C_1}{C_2}$$

bunda  $C_1$  – yutilayotgan moddaning adsorbentdagi konsentratsiyasi;  $C_2$  – yutilayotgan moddaning adsorbentni o'rab turuvchi muhitdagi konsentratsiyasi.

**Taqsimlanish konstantasi** o'zaro kontaktdagi fazalar tabiatiga va haroratga bog'liq bo'ladi.

**Suyuqlikka gazning adsorbsiyalanuvchanligi** gazning tabiati, uning bosimi, harorat va elektrolitlar ishtirokiga bog'liq.

**Gaz tabiatining ta'siri** - Gaz qanchalik oson siqiluvchan (suyuqlanuvchan) bo'lsa, u shuncha kuchli yutiladi.

### 2.5.5. Gibbs tenglamasi

Adsorbsiya jarayonida sirt taranglikning kimyoviy potentsial o'zgarishiga bog'liq holda kamayishida adsorbsiya qiymati ( $G$ ) o'zgaradi:

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

Bu Gibbsning fundamental adsorbsiya tenglamasi deb ataladi. Bu tenglama kimyoviy potensial o'zgarishi bilan adsorbsiya jarayonida sirt taranglikning kamayishini ko'rsatadi. Faqat kimyoviy potensialning o'zgarishi adsorbsiyani keltirib chiqaradi. Adsorbsiya sodir bo'lish vaqtida sirt taranglik kamayadi. Shuning uchun  $\frac{d\sigma}{d\mu}$  oldiga minus ishorasi qo'yilgan.

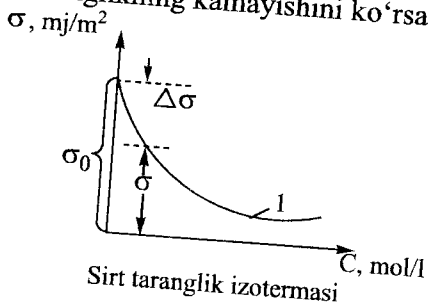
Kolloid sistemalarda adsorbsiya jarayoni fazalararo sirt moddaning konsentratsiya gradiyenti o'z-o'zidan ortishi kuzatiladigan tomonga boradi. Yetarlicha suyultirilgan eritmalar uchun

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C; \quad d\mu = RT \frac{dC}{C}$$

$G = -\frac{d\sigma}{d\mu}$  ekanligini inobatga olsak,  $G = -\frac{C}{RT} \frac{d\sigma}{dC}$  bo'ladi. Bu suyultirilgan SFM eritmalar uchun Gibbs tenglamasidir.

$G > 0$  bo'lgan moddalar uchun  $\sigma$  kamayadi ( $\frac{d\sigma}{dC} < 0$ )-bu SFM lardir (musbat adsorbsiya).  $G < 0$  bo'lgan moddalar uchun esa  $\sigma$  ortadi ( $\frac{d\sigma}{dC} > 0$ ) - bular sirt faollikni kamaytiradigan moddalardir (manfiy adsorbsiya).

$\frac{d\sigma}{dc}$  ga sirt faollik deyiladi. U adsorbktiv konsentratsiyasiga bog'liq holda sirt taranglikning kamayishini ko'rsatadi.



“Suyuqlik-gaz” fazalararo chegara sirtida sirt-faol moddalar (SFM) konsentrlanadi (adsorbilanadi). “Eritma-havo” sirtiga nisbatan sirt faol moddalar molekulari difil tuzilishga ega. Ular qutbli va qutbsiz qismlar (uglevodorod radikallari) dan iborat bo‘ladi. Masalan, spirtlar, aminokislotalar, oqsillar, organik kislotalar va aminlar. Sirt-faol moddalar adsorbilanib, eritmaning sirt tarangligini toza erituvchi sirt tarangligiga taqqoslaganda ancha kamaytiradi. Sirt taranglikning kamayishi qancha katta bo‘lsa eritmada SAMning konsentrasiyasi shuncha yuqori bo‘ladi.

Termodinamikaning II-qonunidan kelib chiqqan holda J.Gibbs XIX asrning 70 yillarida suyultirilgan eritmalar uchun erigan moddaning adsorbsiyasi bilan eritma sirt tarangligining o‘zgarishini bog‘lovchi quyidagi tenglamasini yaratdi:

$$G_i = \frac{C_i}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC_i} \text{ amalda } G_i = -\frac{(\sigma_{erituvchi} - \sigma_{suv})}{kT},$$

bu yerda  $G_i$  – i-komponentning ortiqcha (mo‘l) adsorbsiyasi;  $C_i$  – i komponentning eritmada molyar konsentratsiyasi;  $T$  – adsorbsiya borayotgan vaqtdagi harorat;  $R$  – universal gaz doimiysi;  $\frac{d\sigma}{dC_i}$  –

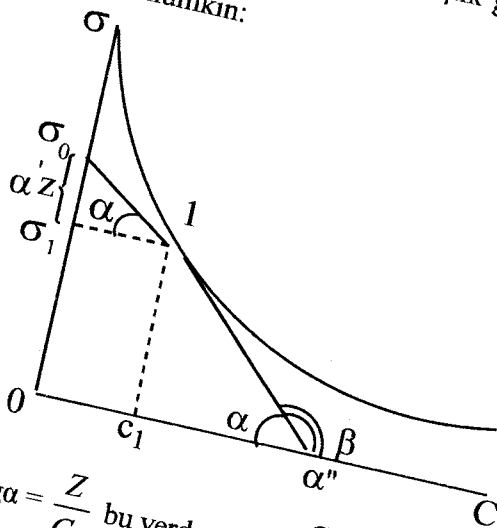
konsentratsiya  $dC_i$  o‘zganganida eritma sirt tarangligining o‘zgarishi. Gibbsning bu tenglamasi suyultirilgan eritmalar uchun bo‘lib, konsentrlangan eritmalar uchun konsentratsiya o‘rniga faollik qo‘yiladi:

$$G_i = \frac{a}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{da_i}.$$

Agar  $\frac{d\sigma}{dC_i} < 0$  bo‘lsa, u holda  $G_i > 0$  bo‘ladi, demak musbat (ortiqcha) adsorbsiya kuzatiladi ya’ni i – modda eritma sirtida konsentrlanadi. Adsorbat hajmiy fazadan sirt qavatga o‘tadi. Sirt taranglik ortadi (Modda-sirt-nofaol).

Agar  $\frac{d\sigma}{dC_i} > 0$  bo‘lsa,  $G_i < 0$  bo‘ladi, ya’ni i – modda eritma sirtidan hajmiga o‘tadi. Adsorbsiya sirt taranglikni kamaytiradi.

(Modda sirt-faol).  $\sigma$  va  $C$  orasidagi bog‘liqlik grafigidan  $\frac{d\sigma}{dC_i}$  ning qiymatini aniqlash mumkin:

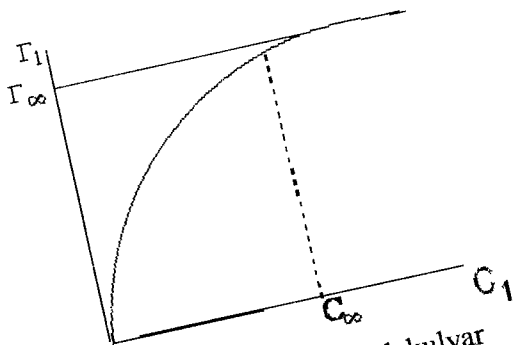


$$\frac{d\sigma}{dC_i} = -\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\alpha = \frac{Z}{C_1} \text{ bu yerda } G_i = -\frac{C_i}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC_i} = \frac{C_i Z}{RT C_i} = \frac{Z}{RT}$$

Quyidagi jadvalni to‘ldirib istalgan konsentratsiyalar uchun qancha adsorbsiyani hisoblash mumkin:

$\sigma$	$Z_i$	$G_i$	$C_i$	$\Sigma$	$Z_i$	$G_i$
$\sigma_1$	$Z_1$	$G_1$	$C_1$	$\sigma_1$	$Z_1$	$G_1$
$\sigma_2$	$Z_2$	$G_2$	$C_2$	...	...	...
$\sigma_3$	$Z_3$	$G_3$	...	...	...	...

Quyidagi jadvalda berilganlardan foydalanib adsorbsiya izotermasi aniqlanishi mumkin:



Izotermadan adsorbsiya monomolekulyar (bir qatlamli) ekanligini osongina ko'rish mumkin. SAM ning eritmadagi konsentratsiyasining yana oshishi hech narsani o'zgartirmaydi.

## 2.6. Sirt faollik. Dyuklo-Traube qoidasi

$$C \rightarrow 0 \text{ da } \left( \frac{d\sigma}{dC} \right)_{C \rightarrow 0} \text{ yoki}$$

$$g = \lim_{C \rightarrow 0} \left( \frac{d\sigma}{dC} \right)_{P,T}$$

$$[g] = \frac{j/m^2}{mol/m^3} = \frac{jm}{mol}$$

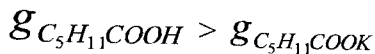
Adsorbilanayotgan modda konsentratsiyasi ortishi bilan taranglik qancha kamaysa, ushbu moddaning sirt faolligi va adsorbsiyasi shuncha yuqori bo'ladi. Sirt faol moddalar uchun

$$\frac{d\sigma}{dC_i} < 0; G_i > 0,$$

Sirt nofaol moddalar uchun  $g < 0$ ;  $\frac{d\sigma}{dC_i} > 0$ ;  $G_i < 0$

Quyidagilar aniqlangan:

1) Moddaning qutbliligi kamayishi bilan sirt faollik (g) ortadi. Shuning uchun organik kislotalarning sirt faolligi ularning tuzlarining sirt faolligidan yuqori bo'ladi:



2) Gomologik qatorda uglevodorod radikalining uzunligi ortishi bilan ularning sirt faolligi ortadi.

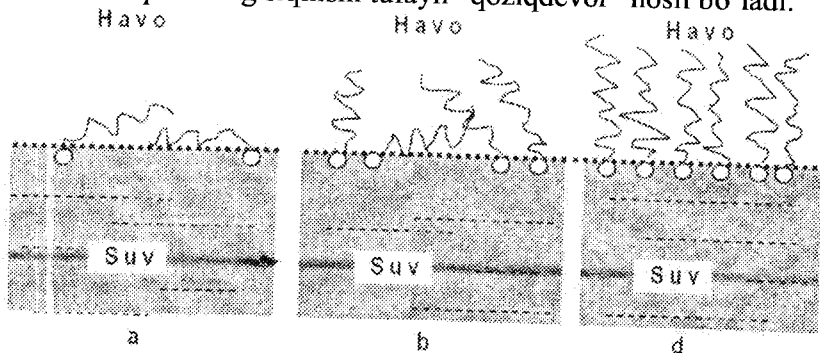
**Dyuklo va Traube qoidasi:** Suvli eritmalarda to'yingan yog' kislotalarning uglevodorod zanjiri bitta – CH<sub>2</sub> guruhga uzayganda ularning sirt faolligi 3 ÷ 3,5 marta oshadi.

Gomologik qatorda 2 ta qo'shni a'zolar adsorbsiyasida bajarilgan ishning farqini hisoblaymiz:

$$RT \ln K_n - RT \ln K_{n-1} = RT \left( \frac{\ln K_n}{K_{n-1}} \right) = 8,31 \cdot 298 \cdot \ln 3,5 = 3,2 \text{ kJ/mol.}$$

Demak, Dyuklo-Traube qoidasining mohiyati har bir – CH<sub>2</sub> guruhning adsorbsiya ishi o'zgaras bo'lib, 3,5 kJ/mol ga yaqinligini bildiradi.

Dyuklo – Traube qoidasiga spirtlar va aminlarning eritmaları ham bo'ysunadi. Bu qoida faqatgina suyultirilgan eritmalar uchun to'g'ri bo'lib, SAMlarning konsentrlangan eritmalarida chetga chiqishlar kuzatiladi. Chunki SAMning konsentrasiyasi ortishi bilan adsorbsion qavatning siqilishi tufayli "qoziqdevor" hosil bo'ladi.



Fazalar chegarasida adsorbilangan molekullarning joylashuvi:  
 a – Kichik konsentrasiyalarda; b – o'rta konsentrasiyalarda; d – adsorbsiya maksimal bo'lgan holatlarda to'yingan qavatda (Lengmyur qoziqdevori).

**1908-yilda B.A. Shishkovskiy empirik yo‘l bilan suvli eritmalarida SAMlarning sirt tarangligi bilan ularning konsentratsiyalari orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi tenglama yaratdi:**

$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma = B \cdot \ln(1+AC)$$

bu yerda  $\sigma_0$  –suvning sirt tarangligi;  $\sigma$  – eritmaning sirt tarangligi; C – eritmaning konsentratsiyasi; B – konstanta; A – solishtirma kapillyar doimiylik bo‘lib, u uglevodorod radikali bitta – CH<sub>2</sub> guruhga uzayganida 3 ÷ 3,5 marta ortadi.

Shishkovskiy tenglamasi differensial shaklda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$-\frac{d\sigma}{dC} = \frac{BA}{1+AC}$$

Gibbs adsorbsiyasi bilan Shishkovskiy tenglamasidagi konstantalarni bog‘lovchi tenglama

$$\Gamma = \frac{B}{RT} \cdot \frac{AC}{1+AC}$$

bu yerda B – SAM lar barcha gomologik qatori uchun konstantasi, A – aniq SAM uchun konstanta.

Ikkinchi tomondan sirt qavatda SAM ning adsorbsiyasi Lengmyur tenglamasidagi konsentratsiya bilan quyidagicha bog‘langan:

$$G = G_{\infty} \cdot \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C}$$

$G_{\infty}$  - cheksiz adsorbsiya; C – adsorbat konsentratsiyasi. Yuqoridagilardan  $A = K$  ekanligi kelib chiqadi.

B konstantaning fizik ma‘nosini tushuntirish uchun Gibbs tenglamasiga murojaat qilamiz:

$$G_i = \frac{-C_i}{\frac{RT}{d\sigma}} \text{ yoki } G_i = \left( \frac{1}{RT} \right) \left( \frac{d\sigma}{\frac{dC_i}{C_i}} \right); \quad G_i = - \left( \frac{1}{RT} \right) \left( \frac{d\sigma}{d \ln C_i} \right)$$

O‘zgaruvchilarni bo‘lib,  $G = G_{\infty}$  deb qabul qilib



$G_{\infty} \cdot R \cdot T \cdot d \ln \cdot C = - d \sigma$  ga ega bo'lamiz,  
bu tenglamani integrallasak,

$$\sigma = A - G_{\infty} RT \ln C \text{ hosil bo'ladi,}$$

A – integrallash doimiysi.

Maksimal adsorbsiya SAM konsentratsiyasi yuqori qiymatiga yetdi deb hisoblab, shu sharoit uchun Shishkovskiy tenglamasini yozamiz:

$$C \gg 1, KC \gg 1 \text{ va } 1 + KC \approx KC$$

$$\text{va } \sigma = \sigma_0 - B \ln(KC); \sigma = \sigma_0 - B \ln(K) - B \ln(C)$$

$$\sigma = A - G_{\infty} RT \ln C \text{ va}$$

$$\sigma = \sigma_0 - B \cdot \ln K - B \ln C \text{ tenglamalarini taqqoslab,}$$

$$B = G_{\infty} RT \text{ ga ega bo'lamiz.}$$

Suyultirilgan eritmalar uchun to'g'ri bo'lgan Lengmyur va Gibbs adsorbsiyalari ifodalarini tenglashtiramiz:

$$G_{\infty} \frac{KC}{1+KC} = - \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$$

O'zgaruvchilarni ajratib (bo'lib), hosil bo'lgan ifodani integrallaymiz:

$$\int_{\sigma_0}^{\sigma} d\sigma = -G_{\infty} \frac{RTK}{1+KC} dC = -G_{\infty} \frac{RTd(1+KC)}{1+KC} = -G_{\infty} \int_0^C \frac{RTd(1+KC)}{1+KC} \text{ dan}$$

$\sigma = \sigma_0 - G_{\infty} \cdot RT \ln(1+KC)$  – bu tenglama Shishkovskiyning empirik tenglamasiga nazariy analog tenglama hisoblanadi. *Shishkovskiy tenglamasi faqatgina past konsentratsiyalar uchun to'g'ri bo'lib, yuqori konsentratsiyalarda noto'g'ri natija beradi.*

Lengmyur va Shishkovskiy tenglamalarini birgalikda yechib, sirtning to'lganlik darajasi ( $a/a_{\infty}$ ) bilan sirt taranglik orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi **Frumkin tenglamasini** hosil qilamiz:

$$\sigma = \sigma_0 + RT a_{\infty} \ln \left( 1 - \frac{a}{a_{\infty}} \right)$$

### ***Mavzuga doir masalalar yechish***

**1-masala.** 293 K da propil spirtning suvdagi eritmasida sirt taranglik bilan konsentratsiya orasidagi bog'liqlik Shishkovskiy tenglamasi  $\sigma = \sigma_0 - 14,4 \cdot 10^{-3} \ln(1 + 6,6C)$  bilan ifodalanadi. 0,25

mol/l konsentratsiyada suvli eritma – havo sirt chegarasida propil spirtning adsorbsiyasini hisoblang.

**Yechish:** Masala shartida berilgan tenglamadan

$$A = 6,6; B = 14,4 \cdot 10^{-3}$$

Bu kiymatlar  $G = \frac{B}{RT} \cdot \frac{AC}{1 + AC}$  tenglamaga qo'yilsa, u holda:

$$G = \frac{14,4 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 293} \cdot \frac{6,6 \cdot 0,25}{1 + 6,6 \cdot 0,25} = 3,57 \cdot 10^{-7} \text{ mol/m}^2$$

**2-masala.** 293 K da adsorbsion to'yinganda izobutil sirt molekulari  $2,97 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$  yuzani egallaydi.  $G_\infty$  ni va Shishkovskiy tenglamasidagi B konstantani hisoblang.

**Yechish:**

$$G_\infty = \frac{1}{S_0 N_A} = \frac{1}{2,97 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol/m}^2$$

$$B = G_\infty \cdot RT = 5,6 \cdot 10^{-6} \cdot 8,314 \cdot 293 = 0,0136 \text{ j/m}^2$$

## 2.7. Qattiq jism sirtidagi adsorbsiya

Qattiq jism ham xuddi suyuqlik kabi, sirt tarangligiga ega. Lekin hozirgacha qattiq jismning sirt tarangligini aniq o'lchash usuli ma'lum emas.

Qattiq jism sirtida gazning adsorbilanishini miqdor jihatidan xarakterlash uchun yoki gaz bosimining kamayishi, yoki adsorbent og'irligining ortishi o'lchanadi: chunki adsorbsiya vaqtida adsorbentning og'irligi ortadi.

Qattiq jism sirtida suyuqliklarning adsorbilanishini esa eritmadagi moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi bilan adsorbsion muvozanat vaqtida muvozanat konsentratsiyasining ayirmasi orqali aniqlaniladi.

Adsorbentning sirt birligiga ( $1 \text{ m}^2 \text{ ga}$ ) yutilgan moddaning gramm-molekula(mol) hisobidagi miqdori **solishtirma adsorbilanish** deyiladi.

Solishtirma adsorbsiyani topish uchun adsorbsion muvozanat vaqtida yutilgan modda miqdorini (mol hisobida) adsorbent sirtiga bo'lish kerak:

$$\Gamma = \frac{x}{\sqrt{s}}$$

bu yerda  $G$ - solishtirma adsorbsiya,  $x$ - yutilgan modda miqdori,  $s$ -adsorbent sirti. Lekin qattiq g'ovak adsorbentlarning (ko'mir, silikagel va hokazolarning) sirtini o'lchash juda qiyin bo'lganligi uchun amalda solishtirma adsorbsiyani topishda modda miqdori adsorbent massasiga bo'linadi:

$$G = x / m$$

Bu yerda  $x$ -yutilgan moddaning gramm hisobidagi massasi,  $m$ -adsorbentning gramm hisobida olingan massasi. Har qanday adsorbent ma'lum (o'ziga xos) miqdordan ortiq moddani yuta olmaydi. Moddaning sirt birligiga ( $1\text{sm}^2$  yuzaga) yutilishi mumkin bo'lgan eng ko'p modda miqdoridagi solishtirma adsorbsiya deyiladi va  $G_{\infty}$  bilan belgilanadi.

### 2.7.1. Gaz va bug'larning qattiq jism sirtiga adsorbsiyasi

Qattiq modda sirtiga gaz va bug'larning adsorbsiyasi musbat ya'ni sistema hajmiga nisbatan adsorbent sirtida gazlarning muvozanat holatida konsentratsiyasi yuqori bo'ladi.

Qattiq adsorbentning o'ziga xos xususiyatlari:

- Suyuqlik sirtidan farq qilib, qattiq jism sirti bir jinsli emas ya'ni murakkab tuzilishli bo'ladi;
- Qattiq jism sirtining hamma joylarida ham adsorbsiya kuzatilavermaydi, balki faol markazlarda adsorbsiya sodir bo'ladi.
- Adsorbsiya qaytar bo'ladi. Adsorbsion muvozanat tez o'rnatiladi.
- Adsorbent yuzasi g'ovak bo'ladi. Shuning uchun adsorbsiya kapillyar kondensatsiya bilan sodir bo'ladi.
- Yutilish qattiq jismning ichki qismida ham sodir bo'ladi (Adsorbsiya).

Qattiq jism sirtidagi adsorbilanishni tekshirish natijasida qutbli adsorbentlar qutbli modda yoki ionlarni, qutbsiz adsorbentlar esa qutbsiz moddalarni adsorbilashi aniqlandi.

Adsorbilanish maqsadlari uchun ko'mir maxsus ishlanadi, ya'ni faollantiriladi. Bunda ko'mirning teshiklaridagi har xil smolalar yo'qotiladi va ko'mirning g'ovakligi oshiriladi. Ko'mir qanday sharoitda faollantirilishiga qarab yoki kislotalarni yoki asoslarni ko'proq adsorbilaydi. Masalan, 900°C da faollangan ko'mir kislotalarni; 400<sup>0</sup>-450°C da faollantirilgani esa asoslarni yaxshi adsorbilaydi. Buni N.A. Shilov faollangan ko'mir sirtida asos yoki kislota xarakteriga ega bo'lgan oksidlarning hosil bo'lishidandir deb tushuntirgan. Adsorbent sifatida ko'mirdan tashqari silikagel ham ko'p ishlatiladi. U kislota xarakteriga ega bo'lgan adsorbentlar qatoriga kirib, asosan asoslarni adsorbilaydi.

Adsorbsiya jarayoni kimyoviy texnologiyada katta rol o'ynaydi. Gaz aralashmalarini ajratib olishda ko'proq ko'mir va silikageldan foydalaniladi. Oziq-ovqat texnologiyasida esa hidlanib qolgan mahsulotlarni hiddan tozalashda faollangan ko'mirdan foydalaniladi. Bundan tashqari adsorbsiyadan foydalanib koks gazidan benzol olinadi. Eritmalarni va organik moddalarni rangli qo'shimchalardan tozalashda ham faollangan ko'mirning adsorbsion xususiyatidan foydalaniladi.

Qattiq jism sirtida ketadigan adsorbsiya ustida bir qancha tajriba natijalari yig'ilgan bo'lsa ham, lekin uning umumiy nazariyasi yo'q. Bunga sabab, bir qancha qiyinchiliklarning borligidir:

1) Adsorbilanish jarayonida qattiq jismga erigan modda va erituvchi molekulari bir vaqtning o'zida yutiladi. Eritmadan elektrolitlar ham adsorbilanishi mumkin. Shunga ko'ra adsorbsiya **molekulyar** va **ionli** adsorbsiyaga bo'linadi. Ko'pincha moddalar adsorbentga tanlab yutiladi.

2) Erituvchi molekulari bilan erigan modda molekulari bir - biri bilan bog'lanishi mumkin. Ana shu qiyinchiliklar natijasida qattiq jism sirtidagi adsorbsiya murakkab hisoblanadi.

Qattiq jism sirtiga moddaning butun molekula holidan yutilishiga molekulyar **adsorbsiya** deyiladi va unda uch hol kuzatiladi:

1. *Eriqan modda erituvchiga nisbatan ko'p yutilsa musbat adsorbsiya sodir bo'ladi.*

2. *Erituvchi eriqan moddaga nisbatan ko'p yutilsa manfiy adsorbsiya deyiladi.*

3. *Agar eriqan modda adsorbent va eritmaning butun hajmida konsentratsiyasi bir xil bo'lsa, adsorbsiya sodir bo'lmisligi ham mumkin.*

Qattiq jismlar sirtidagi molekulyar adsorbsiya Lengmyur va Freyndlix tenglamalari bilan ifodalanadi.

Ko'p hollarda adsorbsiya yutilgan modda miqdori bilan o'zgarish haroratda adsorbentning muvozanatdagi konsentratsiyasi (muvozanat bosimi) orasidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi, ya'ni adsorbsiya izotermalari deb ataluvchi grafik tuziladi:

$$\underbrace{\Gamma = f(C_p) \quad \text{yoki} \quad \Gamma = f(P)}_{T = \text{const}}$$

### 2.7.2. Lengmyurning monomolekulyar adsorbsiya nazariyasi

Lengmyur nazariyasi quyidagi holatlarga asoslanadi:

- Adsorbsiya lokallasgan, ya'ni adsorbent sirtining hamma joylarida ham adsorbsiya kuzatilavermaydi. Balki alohida olingan faol markazlarda adsorbsiya sodir bo'ladi. Har bir faol markaz faqat bitta gaz molekulasini adsorbilaydi. Natijada monomolekulyar qavat hosil bo'ladi. Bir faol markaz boshqasiga ta'sir ko'rsatmaydi.

- Adsorbsion markazlar energetik ekvivalent-**adsorbent yuzasi ekvipotensial**;

- Adsorbirlangan molekullar bir-birlari bilan ta'sirlashmaydi;
- Qattiq adsorbent sirtiga gazlarning adsorbsiyasini kvazikimyoviy reaksiya sifatida qarash mumkin:

***Gaz molekulasi + faol markaz ↔ adsorbilangan kompleks.***

Muvozanat holatida adsorbsiya tezligi desorbsiya tezligiga teng bo'ladi. Desorbsiya tezligi band bo'lgan faol markazlar ulushiga ( $x$ ),

adsorbsiya tezligi esa adsorbat konsentratsiyasining bo'sh (band bo'lmagan) faol markaz ulushi  $(1-x)$  ga ko'paytmasiga teng:

$$g_{des} = \kappa_{des} \cdot x, \quad g_{ads} = \kappa_{ads} \cdot C(1-x),$$

$$\kappa_{des} \cdot x = \kappa_{ads} \cdot C(1-x) \text{ dan}$$

$$x = \frac{\kappa_{ads} \cdot C}{\kappa_{des} + \kappa_{ads} \cdot C}$$

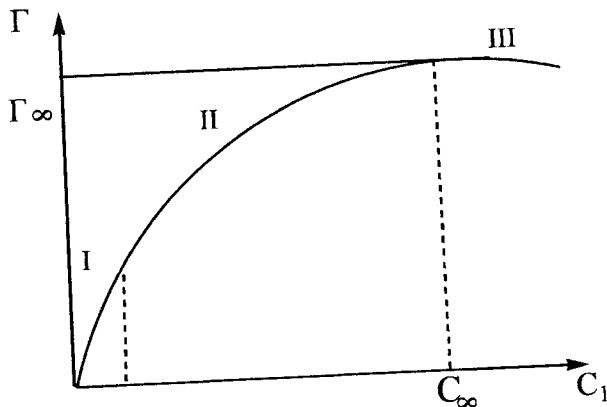
tenglamaning o'ng tomonini  $\kappa_{ads}$  ga bo'lib,

$$x = \frac{C}{\frac{\kappa_{des}}{\kappa_{ads}} + C} = \frac{C}{K + C}$$

ga ega bo'lamiz.  $x = 1$  bo'lganda maksimal adsorbsiya bo'ladi.

Bundan  $x = \frac{G}{G_0}$  kelib chiqadi. U holda  $\frac{G}{G_0} = \frac{C}{C + K}$  dan  $G = G_0$

$\frac{C}{C + K}$  hosil bo'ladi.

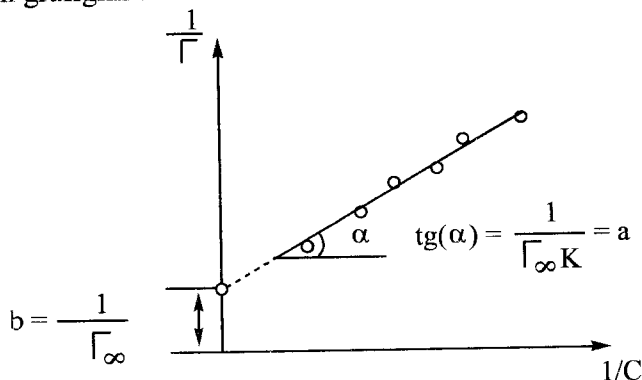


I-soha chiziqli. Haqiqatda ham Lengmyur tenglamasidan past konsentratsiyalarda  $KC \ll 1$ ;  $1 + KC \approx 1$  va  $G = G_0 KC$  boladi. III - soha ham chiziqli. Bu adsorbsiya o'zining to'yingan qiymatga erishganligini bildiradi. Bunda  $KC \gg 1$  va  $1 + KC \approx KC$  demak,  $G = G_0$ .

Lengmyur tenglamasidagi o'zgarmlarni topish uchun uni chiziqli shaklga keltirish kerak. Buning uchun Lengmyur tenglamasini  $\frac{1}{G} = \frac{1}{G_{\infty} K C} + \frac{1}{G_{\infty}}$  ko'rinishda yozamiz.

$$G = G_{\infty} \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C} \text{ dan } \frac{1}{G} = \frac{1}{G_{\infty}} + \frac{1}{G_{\infty} \cdot K} \cdot \frac{1}{C} = b + a \cdot \frac{1}{C}$$

bu yerda regressiyaning chiziqli koeffitsiyentlari eng kichik kvadratlar usuli bilan topiladi, shu bilan birga  $G_{\infty} = \frac{1}{b}$ ;  $K = \frac{b}{a}$ ;  $G_{\infty}$  va K qiymatlarni topish uchun  $1/G$  va  $1/C$  lar orasidagi bog'liqlik grafigini tuzamiz:



Shishkovskiy tenglamasidagi K (solishtirma kapillyar doimiylik) va Lengmyur tenglamasidagi K (adsorbsion muvozanat konstantasi) bir xil kattalik ekanligi isbotlangan.

Lengmyur nazariyasi qattiq jism – gaz chegarasidagi adsorbsiyani ifodalaganligi uchun tenglamalardagi C (konsentratsiya) o'rniga bosim (P) ni qo'yish to'g'riroq bo'ladi. Shuning uchun Lengmyur tenglamasini quyidagi ko'rinishda ifodalash muhimroqdir:

$$G = G_{\infty} \frac{Kp}{1 + Kp}$$

bu yerda:  $p$  –gazning parsial bosimi,  $K$  – Lengmyur tenglamasida adsorbsion muvozanat konstantasi,  $G_{\infty}$  - cheksiz adsorbsiya. (adsorbsion monoqatlamning sig'imi).

### *Mavzuga doir masalalar yechish*

**1-masala.** Karbonat anhidridning faollangan ko'mirga adsorbsiyasi o'rganilganda quyidagi natijalar olingan:

$p \cdot 10^{-2} H/m^2$	9,9	49,7	99,8	200
$\Gamma \cdot 10^3, \text{kg/kg}$	32	70	91,0	102,0

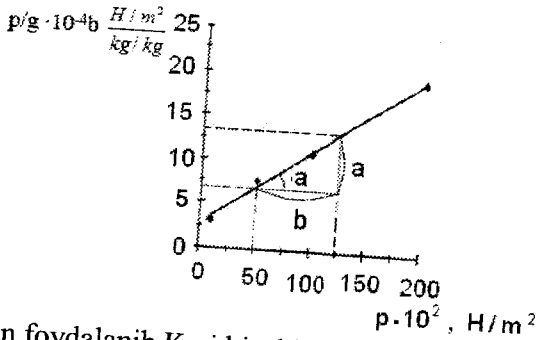
Lengmyur izotermasini chizing va Lengmyur tenglamasidagi konstantani hisoblang.

**Yechish:** Har bir  $p$  uchun  $p/U$  hisoblanadi:

$p \cdot 10^{-2} H/m^2$	$G \cdot 10^3, \text{kg/kg}$	$\frac{P}{G} = \frac{H/m^2}{\text{kg/kg}}$
9,9	32,0	$\frac{P}{G} = \frac{9,9 \cdot 10^2 H/m^2}{32 \cdot 10^{-3} \text{kg/kg}} = 3,1 \cdot 10^4$
49,7	70,0	$\frac{P}{G} = \frac{49,7 \cdot 10^2 H/m^2}{70 \cdot 10^{-3} \text{kg/kg}} = 7,1 \cdot 10^4$
99,8	91,0	$\frac{P}{G} = \frac{99,8 \cdot 10^2 H/m^2}{91 \cdot 10^{-3} \text{kg/kg}} = 10,9 \cdot 10^4$
200	102,0	$\frac{P}{G} = \frac{200 \cdot 10^2 H/m^2}{102 \cdot 10^{-3} \text{kg/kg}} = 19,6 \cdot 10^4$

Olingan natijalar bo'yicha adsorbsiya izotermasini chizamiz:





Grafikdan foydalanib  $K$  ni hisoblaymiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{G_{\infty}};$$

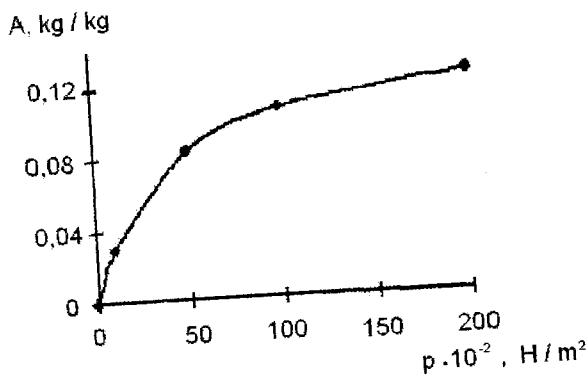
$$G_{\infty} = \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{(125 - 7) \cdot 10^2 \text{ H/m}^2}{(13 - 7) \cdot 10^4 \text{ H/m}^2 \text{ kg/kg}} = 0,146 \text{ kg/kg}$$

$$\frac{1}{G_{\infty} K} = 2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{H/m}^2}{\text{kg/kg}};$$

$$K = \frac{1}{2,5 \cdot 10^4 \cdot 0,152} = 2,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{H}$$

$G = G_{\infty} = \frac{Kp}{1 + Kp}$  bo'yicha adsorbsiya qiymatini hisoblaymiz:

$p \cdot 10^{-2}, \text{H/m}^2$	$G, \text{kg/kg}$
9,9	$G = 0,146 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \cdot \frac{2,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{H} \cdot 9,9 \cdot 10^2 \text{ H/m}^2}{1 + 2,63 \cdot 10^{-4} \cdot 9,9 \cdot 10^2} = 0,03$
49,7	$G = 0,146 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \cdot \frac{2,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{H} \cdot 49,7 \cdot 10^2 \text{ H/m}^2}{1 + 2,63 \cdot 10^{-4} \cdot 49,7 \cdot 10^2} = 0,083$
99,8	$G = 0,146 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \cdot \frac{2,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{H} \cdot 99,8 \cdot 10^2 \text{ H/m}^2}{1 + 2,63 \cdot 10^{-4} \cdot 99,8 \cdot 10^2} = 0,106$
200	$G = 0,146 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \cdot \frac{2,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{H} \cdot 200 \cdot 10^2 \text{ H/m}^2}{1 + 2,63 \cdot 10^{-4} \cdot 200 \cdot 10^2} = 0,123$



### 2.7.3. Freyndlix tenglamasi

Lengmyur tenglamasi adsorbsiyalangan molekular o'rtasidagi ta'sirlashuvni va adsorbent adsorbentlarda bir nechta qavatlar hosil qilishi mumkinligini inobatga olmaydi.

G.Freyndlix adsorbsiyaning murakkab holatlarini inobatga oluvchi quyidagi tenglamani topdi:

$$G = \beta \cdot C^n$$

bu yerda  $\beta$  va  $n$  – konstantalar.

$\beta$  – konstantaning fizik ma'nosi shundan iboratki, u muvozanat konsentrasiya birga teng bo'lgandagi adsorbsiyani ifodalaydi (agar  $C = 1 \text{ mol/l}$  bo'lsa,  $\beta = G$  bo'ladi).  $\beta$  – konstanta adsorbent va adsorbentning tabiatiga bog'liq.

Adsorbsion ko'rsatkich  $\frac{1}{n}$  ning qiymati  $0,1 \div 1$  oralig'ida bo'ladi va haroratga hamda adsorbent tabiatiga bog'liq.

Tajribalarning ko'rsatishicha kichik va o'rtacha konsentrasiyalar sohasida Freyndlix tenglamasi Lengmyur tenglamasiga nisbatan adsorbsiya jarayonini to'g'riroq ifodalay oladi va amaliy maqsadlarda ishlatiladi. Qattiq adsorbentlarga erigan moddalarning yutilishida solishtirma adsorbsiyani Gibbs tenglamasi bilan hisoblab bo'lmaydi. Solishtirma adsorbsiya va eritmada

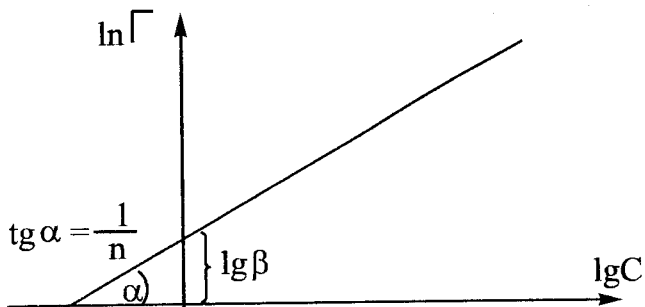
muvozanatli konsentratsiya o'zgarish haroratda Freyndlixning empirik tenglamasi bilan bog'liqlikka ega:

$$G = \frac{x}{m} = \beta \cdot C^{1/n}$$

Har ikkala konstantalar ( $\beta$  va  $\frac{1}{n}$ ) grafik usulda osongina aniqlanadi. Buning uchun Freyndlix tenglamasini logarifmik ko'rinishda yozamiz:

$$\lg \frac{x}{m} = \lg G = \lg \beta + \frac{1}{n} \lg C$$

$\frac{x}{m}$  qiymatlarni tajriba yo'li bilan aniqlab, grafik tuzamiz:



Rasm. Adsorbsiya izotermasi

Freyndlix tenglamasi bo'yicha hisoblashlarda solishtirma adsorbsiyaning qiymati va o'lchamliligi muvozanat konsentratsiyasini ifodalash usuliga bog'liq. Ko'p hollarda eritmaning konsentratsiyasi mol/l larda ifodalanadi.

### ***Mavzuga doir masalalar yechish***

**1-masala.** Simob-suv sirtiga suvda erigan sirt faol moddaning adsorbsiyasi Lengmyur tenglamasiga bo'ysunadi. Sirt faol moddaning konsentratsiyasi 0,2 mol/l bo'lganda sirtning cho'kish darajasi 0,5 ga teng. 298 K da simobning eritma bilan chegarasidagi sirt tarangligini hisoblang. Yuzaning (sirtning) SAM bilan

bo'lishining ruxsat etilgan yuzasi  $S_0 = 0,2 Nm^2$  ga teng. Suv bilan simob chegarasida sirt taranglik  $0,373 j/m^2$  ni tashkil etadi.

**Yechish:**

$$\sigma = \sigma_0 - G_\infty RT \ln(1 + KC)$$

Lengmyur tenglamasidan muvozanat konstantasini aniqlaymiz:

$$\theta = \frac{KC}{1 + KC} \quad \text{dan} \quad K = \frac{\theta}{c(1 - \theta)} = \frac{0,5}{0,2 \cdot 0,5} = 5 l/mol$$

Monoqatlam sig'imi ( $G_\infty$ ) ni hisoblaymiz:

$$G_\infty = \frac{1}{S_0 N_A} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-20} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 8,3 \cdot 10^{-6} mol/m^2$$

b va  $G_\infty$  ni bilgan holda  $\sigma$  ni hisoblaymiz:

$$\sigma = 0,373 - 8,3 \cdot 10^{-6} \cdot 8,31 \cdot 298 \ln(1 + 5 \cdot 0,1) = 0,365 j/m^2$$

**2-masala.** Agar adsorbsiya natijasida adsorbat konsentratsiyasi 17 marta ortsa, absolyut adsorbsiyaning qanday qismini ortiqcha adsorbsiya tashkil etadi.

**Yechish:** Ortiqcha adsorbsiyani hisoblaymiz:

$$G = G_\infty - ch = C_B ch = h(C_B - C)$$

Ortiqcha adsorbsiya bilan absolyut adsorbsiya o'rtasidagi nisbatni topamiz:

$$\frac{G}{G_\infty} = \frac{(C_B - C) \cdot h}{C_B h} = \frac{17C - C}{17C} = \frac{16}{17} = 0,941$$

**3-masala.** 313 K da 5 g benzolning suvdagi 75% li emulsiyasining dispersligi  $D = 2mkm^{-1}$  ga teng bo'lsa, to'liq sirt energiyasini hisoblang. 313 K da benzolning zichligi ( $\rho$ )  $0,858 g/sm^3$ ; sirt taranglik  $\sigma = 32mj/m^2$ , sirt taranglikning harorat koeffitsiyenti  $d\sigma/dT = -0,13mJ/(m^2 \cdot K)$  ga teng.

**Yechish:** To'liq sirt energiya Gibbs-Gelmgols tenglamasi bo'yicha hisoblanadi:

$$U_s = \left[ \sigma - T \left( \frac{d\sigma}{dT} \right) \right] \cdot S$$

5 g 75% li emulsiyada benzol tomchisining yuzasi:

$$S = 6VD = 6D \frac{m}{\rho} = \frac{6 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3}}{858} = 52,4 m^2$$

bundan

$$U_S = [32 \cdot 10^{-3} + 0,13 \cdot 10^{-3} \cdot 313] \cdot 5,24 = 3,81 J$$

**4-masala.** Sirt tarangligi  $55,6 \text{ kJ/m}^2$  bo'lgan eritmada propion kislotaning adsorbsiyasini Lengmyur tenglamasi bo'yicha hisoblang. Eritmada kislotaning konsentratsiyasi  $0,5 \text{ mol/l}$ , Lengmyur tenglamasidagi  $b$  koeffitsiyenti  $7,73 \text{ l/mol}$ ,  $295 \text{ K}$  da suvning sirt tarangligi  $71,96 \text{ kJ/m}^2$  ga teng.

**Yechish:**

$$G_\infty = \frac{\sigma_0 - \sigma}{RT \ln(1+KC)} = \frac{(71,96 - 55,6) \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 295 \cdot \ln(1 + 0,5 \cdot 7,73)} = 4,179 \text{ mol/l};$$

$$G = G_\infty \frac{KC}{1 + KC} = 4,179 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,5 \cdot 7,73}{1 + 0,5 \cdot 7,73} = 3,32 \cdot 10^{-6} \text{ mol/m}^2;$$

**5-masala.** Agar  $1 \text{ g}$  ko'mir  $3,76 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  kislotani adsorbsiyalasa va  $K = 0,12 \text{ mol/g}$ ,  $n=0,44$  ga teng bo'lsa, Freyndlix tenglamasidan foydalanib, sirka kislotaning eritmada muvozanat konsentratsiyasini hisoblang.

**Yechish:**  $n < 1$  bo'lganda Freyndlix tenglamasi  $G = KC^n$

$$\text{ko'rinishga ega bo'ladi. Demak, } C = \sqrt[n]{\frac{G}{K}} = \sqrt[0,44]{\frac{3,76 \cdot 10^{-3}}{0,12}} = 3,82 \cdot 10^{-4}$$

mol/l.

**6-masala.**  $1 \text{ l}$   $\text{AgI}$  zolining koagulyatsiyasi uchun  $0,05 \text{ M}$  li  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  eritmasidan qancha hajm kerak bo'ladi?

**Yechish:**  $C_{\text{koagulyatsiya bo'sag'asi}} = \frac{C_{el} \cdot V_{el}}{V_{zol} + V_{el}}$  elektrolitning hajmi

$$\text{hosil bo'lsin, u holda: } 2 \cdot 10^{-3} = \frac{0,05 \cdot x}{1 + x} \text{ dan } x = 0,042 \text{ l yoki } V_{el} =$$

$42 \text{ ml}$ .

## 2.7.4. Polyanining polimolekulyar adsorbsion nazariyasi

Polyani nazariyasining asosiy holatlari:

- Adsorbsiyaga faqatgina fizik kuchlar sabab bo'ladi.
- Adsorbent yuzasi bir jinsli bo'lib, hech qanaqa faol markazlar yo'q.

• Adsorbsion kuchlar masofada ta'sirlashadi. Boshqacha qilib aytganda adsorbent sirtida bir qancha adsorbsion hajmlar mavjud bo'lib, ular adsorbsiya natijasida adsorbat molekullari bilan to'ldiriladi.

• Adsorbent sirtida adsorbat molekullarining tortishishi adsorbsion hajmda boshqa molekullarning borligiga bog'liq emas, shuning uchun polimolekulyar adsorbsiya bo'la oladi.

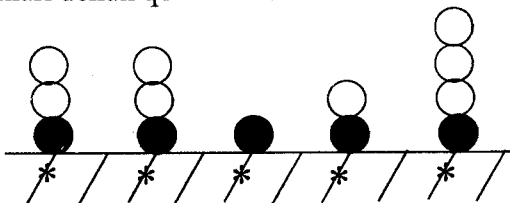
• Adsorbsion kuchlar haroratga bog'liq emas, shuning uchun harorat o'zgarishi bilan adsorbsion hajm o'zgarmaydi. Shuning uchun adsorbsiya izotermasi chizilganda S-simon izotermalar hosil bo'ladi. *S - simon izotermalarni Brunauer, Emmet va Teller (BET) yaratgan. BET ning asosiy tenglamasini keltirib chiqarishda quyidagi holatlarga tayanilgan:*

• Adsorbent sirtida adsorbentiv molekullarini ushlab qoldirishga qodir bo'lgan ma'lum sondagi teng qiymatli adsorbsion markazlar bo'ladi:

• Birinchi qatlamdagi har bir molekula keyingi adsorbsion qatlam hosil bo'lishi uchun faol markaz hisoblanadi;

• Adsorbilangan molekullar qo'shni molekullar bilan ta'sirlashmaydi;

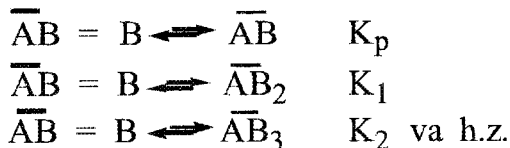
• Lengmyur tenglamasi nafaqat birinchi, balki keyingi adsorbentiv qatlamlari uchun qo'llaniladi.



BET nazariyasiga ko'ra polimolekulyar adsorbsiya sxemasi

- - birinchi qatlamdagi adsorbktiv molekulari;
- - keyingi qatlamdagi adsorbktiv molekulari;
- \* - adsorbent aktiv markazi.

Nazariya mualliflari adsorbtsiyani ketma-ket boruvchi kvazikimyoviy reaksiyalar seriyasi deb qarashadi:



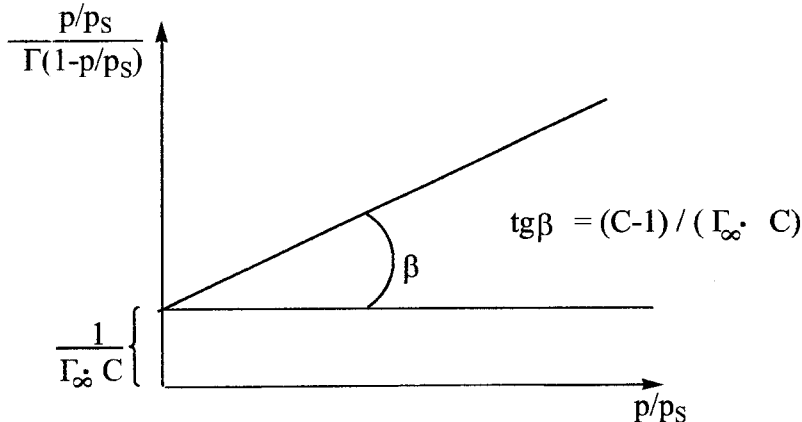
A – faol markaz; B – adsorbktiv molekulari.

BET nazariyasining asosiy tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$G = \frac{G_\infty \cdot C \cdot \frac{p}{p_s}}{\left(1 - \frac{p}{p_s}\right) \left[1 + (C-1) \cdot \frac{p}{p_s}\right]},$$

$p_s$  – berilgan temperaturada to‘yingan bug‘ bosimi;  $p/p_s$  – nisbiy bug‘ bosimi.

$C$  – adsorbtsion qavatdagi ta’sirlashuv energiyalarini xarakterlovchi konstanta.



Rasm. Polimolekulyar adsorbtsiya izotermasi

### *Mavzuga doir masalalar yechish*

**1-masala.** Quyida azotning rutil ( $\text{TiO}_2$ ) ga 75 K dagi adsorbsiyasining tajriba natijalari berilgan:

$P/P_s$	0,078	0,149	0,217	0,279	0,348
$G, \text{mol/kg}$	0,367	0,417	0,467	0,512	0,567

Agar bitta azot molekulasini  $S_0 = 0,16 \text{ nm}^2$  yuzani band qilsa, BET tenglamasidagi konstantalarni va ulardan foydalanib adsorbentning solishtirma sirt yuzasini hisoblang.

**Yechish:**

$$\frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})} = \frac{1}{G_\infty \cdot C} + \frac{(C-1)}{G_\infty \cdot C} \cdot p/p_s$$

Azotning adsorbsiya izotermasini tuzish uchun  $\frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})}$  ni

hisoblaymiz:

$P/P_s$	0,078	0,149	0,217	0,279	0,348
$G, \text{mol/kg}$	0,367	0,417	0,467	0,512	0,567
$G \cdot (1 - p/p_s)$	0,231	,420	0,593	0,756	0,941

$$1) \frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})} = \frac{0,078}{0,367 \text{ mol/kg} \cdot (1-0,078)} = 0,231 \text{ kg/mol.}$$

$$2) \frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})} = \frac{0,149}{0,417 \text{ mol/kg} \cdot (1-0,149)} = 0,420 \text{ kg/mol.}$$

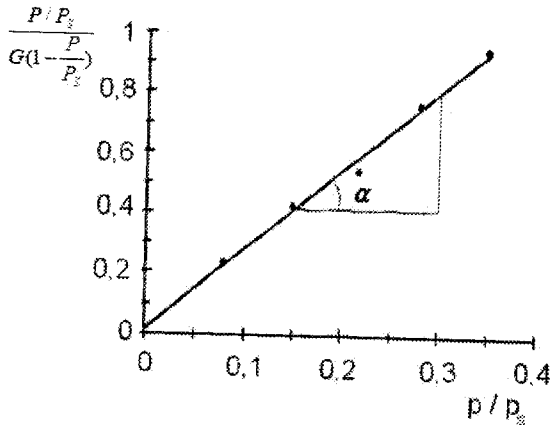
$$3) \frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})} = \frac{0,217}{0,467 \text{ mol/kg} \cdot (1-0,217)} = 0,593 \text{ kg/mol.}$$

$$4) \frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})} = \frac{0,279}{0,512 \text{ mol/kg} \cdot (1-0,279)} = 0,756 \text{ kg/mol.}$$

$$5) \frac{P/P_s}{G(1-\frac{P}{P_s})} = \frac{0,348}{0,567 \text{ mol/kg} \cdot (1-0,348)} = 0,941 \text{ kg/mol.}$$



Olingan natijalar asosida BET tenglamasining chiziqli ko'rinishini chizamiz:



3. Grafikdan:

$$\operatorname{tga} = \frac{C-1}{G_{\infty} \cdot C} = \frac{(0,8-0,41) \text{ kg/mol}}{0,3-0,15} = 2,6 \text{ kg/mol},$$

$$\frac{1}{G_{\infty} \cdot C} = 0,03 \text{ kg/mol ekanligina topamiz.}$$

4. Konstantalarni topish uchun quyidagi tenglamalar sistemasini yechamiz:

$$\frac{C-1}{G_{\infty} \cdot C} = 2,6 \quad (\text{a}), \quad \frac{1}{G_{\infty} \cdot C} = 0,03 \quad (\text{b})$$

$$2,6 \cdot G_{\infty} \cdot C = C - 1, \quad G_{\infty} = \frac{C-1}{2,6C}$$

$$\frac{1}{\frac{(C-1)C}{2,6C}} = 0,03; \quad \frac{2,6}{C-1} = 0,03; \quad C = \frac{2,6}{0,03} + 1 = 87,66;$$

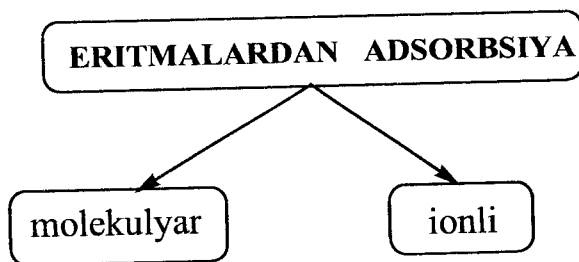
$$G_{\infty} = \frac{C-1}{2,6 \cdot C} = \frac{87,66-1}{2,6 \cdot 87,66} = 0,38 \text{ mol/kg.}$$

5. Adsorbentning solishtirma sirt yuzasini hisoblaymiz:

$$S_{\text{sol}} = G_{\infty} \cdot N_A \cdot S_0 = 0,38 \text{ mol/kg} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 16 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2 = 3,66 \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{kg.}$$

## 2.8. Eritmalardan ionlar adsorbsiyasi

### 2.8.1. Eritmalardan adsorbsiya



Molekulyar (noelektrolitlar) adsorbsiya quyidagi omillarga bog'liq:

- Adsorbentning tabiatiga;
- Erituvchining tabiatiga;
- Yutilayotgan modda (adsorbentiv)ning tabiatiga;
- Eritmadagi moddaning konsentratsiyasiga;
- Haroratga.

*Adsorbent tabiatining ta'siri* mohiyati shundan iboratki, gidrofob adsorbentlarga qutbsiz moddalar, gidrofil adsorbentlarga esa qutbli moddalar yaxshi adsorbilanadi.

*Qattiq adsorbentlarga erigan moddalarning adsorbsiyasi* quyidagi umumiy qoidalarga bo'ysunadi:

- Adsorbentning sirtini berilgan erituvchi qancha yomon ho'llasa va modda ayni erituvchida qancha yomon erisa, erigan moddaning adsorbsiyasi shuncha yaxshi bo'ladi.
- Adsorbentga erituvchi qancha yomon adsorbsiyalansa, erigan modda ushbu adsorbentga shuncha yaxshi adsorbilanadi.

Qattiq jism sirtiga modda (erigan modda va erituvchi) larning adsorbilanuvchanlik kriteriyasi – bu ularning sirt tarangligidir. Ma'lumki, SFMlarning sirt tarangligi kichik bo'ladi. Shuning uchun muhitning (erituvchining) sirt tarangligi qancha katta bo'lsa, qattiq jism sirtiga erituvchi molekulari shuncha kam adsorbsiyalanadi, erigan modda (SFM) esa kuchli adsorbilanadi.

Adsorbsiyalanuvchanlikning *ikkinchi kriteriyasi* bu – *adsorbentning erituvchi bilan ho‘llanish issiqligidir*. Ho‘llanish issiqligi qancha katta bo‘lsa, erituvchi adsorbent bilan shuncha kuchli energetik ta’sirlashadi. Shunday qilib, quyidagi umumiy qonuniyatga ega bo‘lamiz: agar olingan erituvchi qattiq adsorbent sirtini qancha yomon ho‘llasa, ushbu erituvchidan erigan moddaning qattiq jismga adsorbsiyasi shuncha yuqori bo‘ladi.

*Adsorbsiyalanishga yutilayotgan modda tabiatining ta’siri* bir nechta usullar bilan aniqlanadi:

- O‘xshash –o‘xshashlari bilan ta’sirlashadi;
- Berilgan erituvchida moddaning eruvchanligi qancha katta bo‘lsa, u qattiq adsorbent sirtiga shuncha yomon adsorbilanadi.

A va C fazalar chegara qismida B modda adsorbilanishi mumkin, qachonki u ushbu fazalarning qutbliligini tenglashtirsa. Demak, suv ( $\epsilon = 1$ ) – ko‘mir ( $\epsilon \approx 1$ ) chegarasida dielektrik qiymatlari  $1 < \epsilon < 78,3$  oralig‘ida bo‘lgan moddalar adsorbsiyalana oladi. Masalan, sirka kislota ( $\epsilon \approx 6$ ) butil spirti ( $\epsilon \approx 18$ ), anilin ( $\epsilon \approx 7$ ) va boshqalar “*suv – ko‘mir*” chegara sirtiga adsorbsiyalana oladi. Ya’ni quyidagi shartga amal qilinishi kerak;

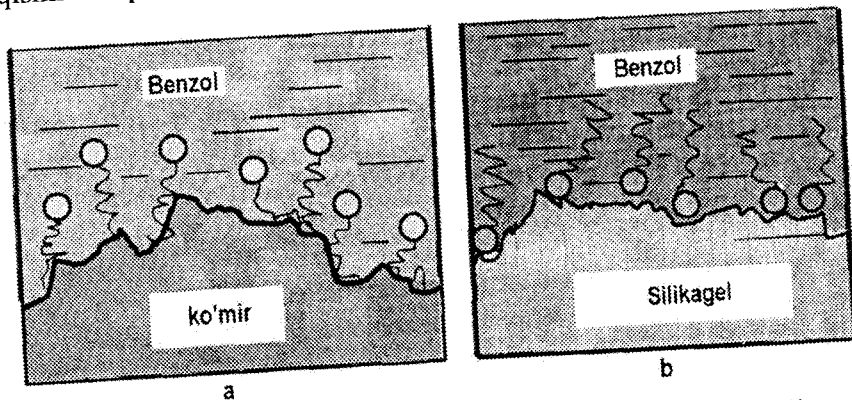
$$\epsilon_A > \epsilon_B > \epsilon_C \text{ yoki } \epsilon_A < \epsilon_B < \epsilon_C$$

Rebinderning ushbu qutblilik tenglashishi qoidasi istalgan fazalar chegara sirtlari uchun to‘g‘ri. Masalan, *suv* ( $\epsilon \approx 78,3$ ) – *toluol* ( $\epsilon \approx 2,4$ ) chegara sirtida *anilin* ( $\epsilon \approx 7$ ) sirt faol modda vazifasini bajaradi va adsorbsiyalana oladi. Toluol ( $\epsilon \approx 2,4$ )-*havo* ( $\epsilon \approx 1$ ) chegarasida anilin ( $\epsilon \approx 7$ ) adsorbsiyalanmaydi. Chunki  $\epsilon_A > \epsilon_B > \epsilon_C$  shart bajarilmayapti. Aksincha anilin – havo chegarasida toluol SAM vazifasini bajarib, anilinni va havoning qutbliligini tenglashtirishi hamda adsorbilanishi mumkin.

Qutbliliklarni tenglashtirish qoidasidan:

- Erituvchi va erigan modda qutbliliklari orasidagi farq qancha katta bo‘lsa, moddaning eruvchanligi shuncha kichik bo‘ladi va u shuncha yaxshi adsorbilanadi. Aksincha,
- Erituvchi adsorbentni qancha yaxshi eritsa, ushbu muhitda adsorbsiya yomon boradi. Rebinderning qoidasidan SAM difil

molekulalarining qutbli qismi fazaning qutbli tomoniga, qutbsiz qismi esa qutbsiz tomoniga yo‘nalgan bo‘lishi kelib chiqadi:



Rasm. “Qattiq jism – eritma” fazalar chegara qismida difil molekulalarning yo‘nalishi: a – qutbsiz adsorbent – qutbli erituvchi; b- qutbli adsorbent – qutbsiz erituvchi.

Qattiq sirtida erigan moddaning molekulyar adsorbsiyasi quyidagi omillarga bog‘liq:

- Harorat oshganda moddaning eritmadan adsorbsiyasi kamayadi;
- Moddaning molyar massasi ortishi bilan uning adsorbilanish xususiyati kuchayadi;
- Bitta sinfga kiruvchi organik birikmalarning adsorbsiyalanish xususiyati qo‘sh bog‘lar va OH guruhlar soni ortishi bilan kuchayadi;
- Organik birikmalarni adsorbsiyalanish xususiyati kamayib borish tartibida quyidagi qatorga joylashtirish mumkin:  
Kislotalar > spirtlar > ketonlar > to‘yinmagan alkanlar > to‘yingan alkanlar.
- Aromatik uglevodorodlar alifatik uglevodorodlarga nisbatan yaxshi adsorbilanadi;
- To‘yinmagan uglevodorodlar to‘yingan uglevodorodlarga nisbatan yaxshi adsorbilanadi.

## 2.8.2. Ionlar adsorbsiyasi. Adsorbsiyaning tanlanuvchanligi

Adsorbsiya nafaqat adsorbentning balki, yutilayotgan moddaning ham tabiatiga bog'liq. Agar eritmada bitta emas, bir nechta ionlar bo'lsa, adsorbentga ularning adsorbsion xususiyatiga mos ravishda ionlar adsorbilanadi. Ammo avval adsorbentga biror ion adsorbsiyalangan bo'lsa, keyin yana eritmaga boshqa xildagi ionlar qo'shilsa, birinchi, (avval adsorbsiyalangan) ionga nisbatan keyingisi yaxshi adsorbilanadigan bo'lsa, ana shu ion birinchisini siqib chiqaradi. Masalan, og'ir metallarning kationlari, shunday zaryadli yengil metallarning ionlariga nisbatan yaxshi adsorbilanadi. Adsorbentlar qutbli va qutbsiz bo'ladi.

Qutbli adsorbentlar tarkibida ion bog'larning ulushi ko'proq (masalan, alyumosilikatlarda) bo'ladi. Tanlangan adsorbsiyaga suvli eritmalaridan elektrolitlarning ionli adsorbsiya misol bo'la oladi. Bu vaqtda almashinish adsorbsiyasi sodir bo'lishi mumkin. Almashinish adsorbsiyasini namoyon qiluvchi tipik adsorbentlarga misol sifatida tabiiy silikatlar (natriy va kalsiyning suvli alyumosilikatlari) – seolitlar va shunday tarkibga ega bo'lgan sun'iy permutitlarni keltirish mumkin. Bu ionitlar eritmaga ekvivalent miqdorda natriy ionlarini chiqarib, kalsiy va magniy ionlarini yutadi. Seolitlarning bu xossasidan suvning qattiqligini kamaytirishda foydalaniladi. Spetsifik va selektivlik kerakli ionni eritmadan ajratib olish uchun juda muhim xossa hisoblanadi. Ammo, moddaning selektivligi qancha yuqori bo'lsa, uni adsorbentdan desorbsiyalash ya'ni chiqarib olish shuncha qiyinchilik tug'diradi. Moddalarning adsorbsiyalanuvchanligi erituvchining tabiatiga ham bog'liq.

### **Erituvchilar quyidagi shartlarni bajarishi kerak:**

- Erituvchi tahlil qilinayotgan aralashmadagi barcha komponentlarni yaxshi eritishi kerak;
  - Erituvchi tanlangan adsorbentga minimal adsorbsiyalanishi kerak;
  - Erituvchi tahlil qilinayotgan moddalar bilan ham, adsorbent bilan ham kimyoviy reaksiyaga kirishmasligi kerak.
- Analitik kimyoda Troppening elyutrop qatori deb ataluvchi ya'ni, qutbli adsorbentlar bilan erituvchilarning desorbsiyalovchi xossasi kamayib borishini ko'rsatuvchi qator katta qiziqish uyg'otmoqda:

## Erituvchilarning elyutrop qatori

Erituvchi	Dielektrik doimiylik, $\epsilon$	Erituvchi	Dielektrik doimiylik, $\epsilon$
Suv	81,0	Dioksan	-
Metil spirt	31,2	Xloroform	5,2
Etil spirt	25,8	Metilen xlorid	-
n-propil spirt	22,8	Benzol	2,3
Aseton	21,5	Toluol	2,3
Dixloretran	10,4	Trixloretilen	3,4
Etilasetat	6,1	Uglerod tetra xlorid	2,2
Amilatsetat	-	Siklogeksan	2,0
Etil efir	4,4	Petroley efiri	1,9

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, uncha katta bo‘lmagan chetga chiqishlarini inobatga olmaganda erituvchilarning desorbsiyalovchi xususiyati ularning dielektrik doimiysiga bog‘liq ekan.

**Ion adsorbsiyasi** – kuchli elektrolitlar eritmalaridan ionlarning adsorbsiyalanishi bo‘lib bunda erigan modda ionlar ko‘rinishida adsorbilanadi.

*Ion adsorbsiyasining o‘ziga xos xususiyatlari:*

- Zaryadlangan ionlar adsorbilanadi, molekular emas;
- Adsorbsiya faqat qutbli adsorbentlarda sodir bo‘ladi;
- Adsorbsiya qo‘sh elektr qavat hosil bo‘lishi bilan sodir bo‘ladi;
- Adsorbsiya tanlab ta’sir etuvchan hisoblanadi. Bitta adsorbentga ham kation, ham anion bir xil adsorbilanmaydi;
- Ionli adsorbsiya uchun almashinish adsorbsiyasi xos.

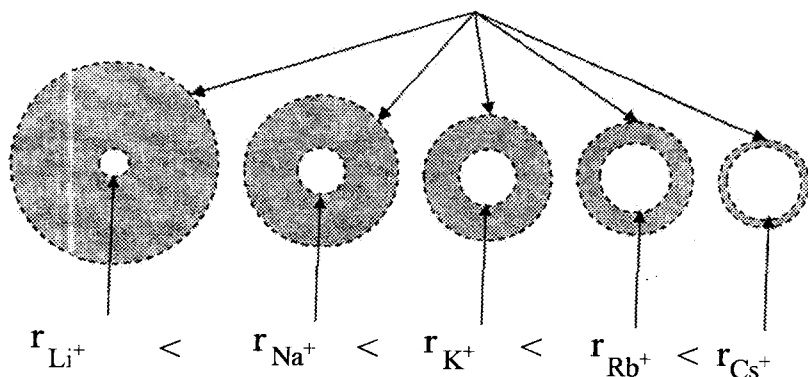
**Ionli adsorbsiyaga ta’sir etuvchi omillar:**

1. Adsorbentning kimyoviy tabiati. Adsorbentning qutbliligi qancha yuqori bo‘lsa, u suvli eritmalaridan ionlarni shuncha yaxshi adsorbilaydi. Faol markazda musbat zaryad bo‘lsa anionlar, manfiy bo‘lsa kationlar adsorbilanadi.
2. Ionlarning kimyoviy tabiati.

a) Ionlar adsorbsiyasiga ion radiusi qiymati katta ta'sir etadi. Bir xil zaryadli ionlardan qaysisining ion radiusi katta bo'lsa, u shuncha yaxshi adsorbilanadi. Shunga mos ravishda ionlarning radiuslari ortgan sari ularning qutblanuvchanligi ortadi. Shu bilan birga ionlarning radiuslari ortishi bilan ularning gidratlanishi kamayadi, bu ham adsorbsiyani yengillashtiradi. Shularga bog'liq holda ionlarni adsorbilanish xususiyati ortib boradigan qatorga joylashtirish mumkin. Bu qator liotrop qator yoki **Gofmeyster qatori** deyiladi:



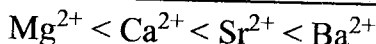
Ionlarning gidrat qobiqlarining o'lchami



Ionlarning effektiv radiuslari

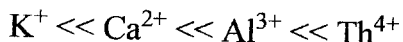
Ion effektiv radiusining oshishi

Adsorbsion qobiliyatining oshishi



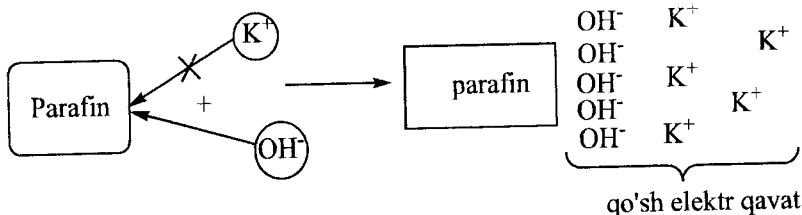
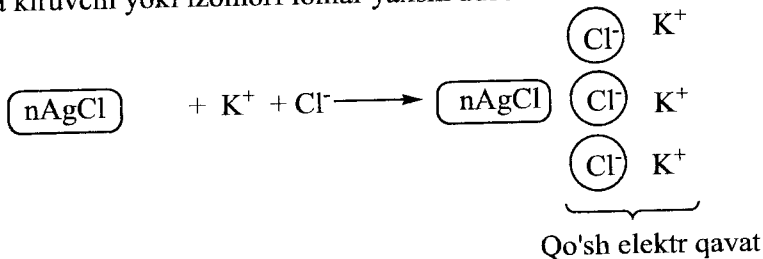
Adsorbsion xususiyati ortadi

b) Ionning zaryadi qancha katta bo'lsa, qattiq jism sirtidagi qarama-qarshi zaryadlangan ionlar bilan shuncha kuchli tortishadi va kuchli adsorbilanadi:

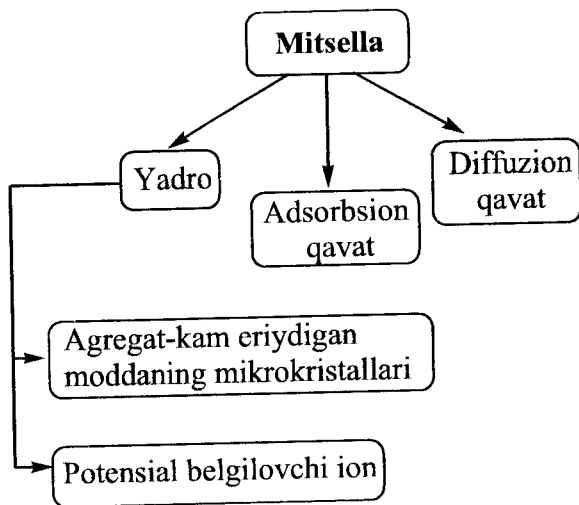


Adsorbsiya kuchayadi

**Panet – Fayans qoidasi:** Kristall sirtida kristall (yadro) tarkibiga kiruvchi yoki izomorf ionlar yaxshi adsorbilanadi. Masalan:



Mitsella (lotincha mica –ushoq, burda, zarra) - suyuq dispersion muhit bilan kolloid eritma dispers fazasining alohida zarrachasi.



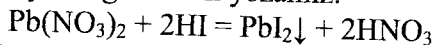


**Masala.** Quyidagi bir xil hajmli eritmalar aralashtirilganda almashinish reaksiyasi natijasida kolloid eritma hosil bo'lgan:

A) 0,01 N  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  va 0,0005 N HI; B) 0,01 N  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  va 0,02 N HI.

$\text{K}_2\text{SO}_4$  yoki  $\text{CaCl}_2$  lardan qaysi birining koagulyatsiyalash bo'sag'asi kichik bo'ladi?

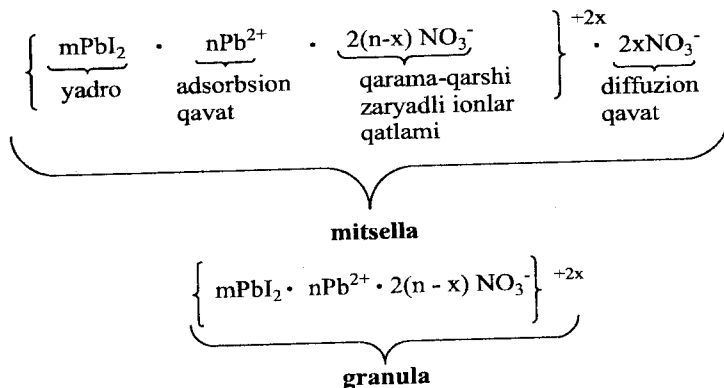
**Yechish:** Reaksiya tenglamasini yozamiz:



Masala shartiga ko'ra  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  mo'l miqdorda olingan. Reaksiya natijasida eritmada  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  ionlari qoladi. Qattiq zarracha  **$\text{PbI}_2$  mitsella zolining yadrosini** tashkil etadi. U necha mol ekanligi noma'lum, shuning uchun m koeffitsiyentini qo'yamiz. Shunday qilib, **yadro  $-m\text{PbI}_2$**  ko'rinishida bo'ladi. Fayans qoidasiga ko'ra **yadro sirtiga  $\text{Pb}^{2+}$  ionlari** adsorbilanadi. Qanchasi ekanligi noma'lum, shuning uchun n koeffitsiyentini qo'yamiz. Demak, **adsorbsion qavat  $n\text{Pb}^{2+}$**  dan iborat. Adsorbsiya natijasida **yadro  $+2n$  zaryadga** ega bo'ladi. Elektrostatik tortishuv tufayli musbat zaryadlangan yadro bilan manfiy zaryadli ionlar (bizning misolimizda  $\text{NO}_3^-$ ) tortishadi va qarama-qarshi ionlar qatlamini hosil qiladi. Ma'lumki, yadro zaryadi qarama-qarshi zaryadli ionlar bilan to'liq kompensatsiya qilinmaydi. Shuning uchun  **$2(n-x)$  koeffitsiyent** qo'yamiz. Demak, **qarama-qarshi zaryadli ionlar qatlami  $2(n-x)\text{NO}_3^-$** . Adsorbsion qavat va qarama-qarshi zaryadli ionlarning zaryadlari yig'indisi granula zaryadini tashkil etadi:

$$(+2) \cdot n + (-1) \cdot 2 \cdot (n-x) = +2n - 2n + 2x = +2x$$

Ionlar adsorbsion qavati zaryadining oxirgi neytrallanishi diffuzion qavat ionlari hisobiga bo'ladi. **Granulaning zaryadi  $+2x$** , u holda to'liq neytrallanish bo'lishi uchun  $-2x$  zaryad kerak bo'ladi. Natijada **diffuzion qavat  $2x \cdot \text{NO}_3^-$  bo'lishi ma'lum** bo'ladi:



### Shulse-Gardi qoidasiga ko'ra:

1) Koagullovchi ionning zaryadi granulaning zaryadiga qarama-qarshi bo'lishi kerak;

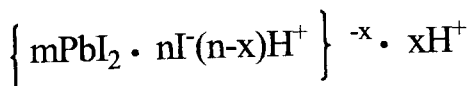
2) Ionning zaryadi qancha katta bo'lsa, uning koagullash xususiyati shuncha yuqori bo'ladi.

1. Granula musbat zaryadli bo'lganligi uchun uni manfiy zaryadli ionlar  $\text{SO}_4^{2-}$  yoki  $\text{Cl}^-$  ionlari koagullash mumkin. Shulse-Gardining 2-qoidasiga ko'ra  $\text{SO}_4^{2-}$  ionining zaryadi yuqori. Shuning uchun  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ning koagulyatsiyalash bo'sag'asi kichik bo'ladi.

2. Reaksiya natijasida berilgan konsentratsiyali eritmalar aralashtirilganda eritmada  $\text{H}^+$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ionlari qoladi.

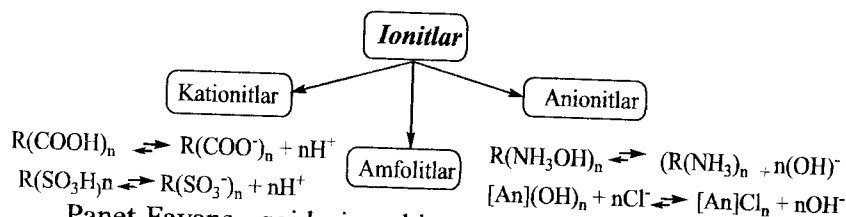
**Yadro -  $m\text{PbI}_2$** ; adsorbsion qavat –  $n\text{I}^-$ ; qarama-qarshi zaryadli ionlar  $(n-x)\text{H}^+$ ; granulaning zaryadi  $(-1) \cdot n + (-1)(n-x) = -x$   
Diffuzion qavat  $x \cdot \text{H}^+$

**Zol mitsellasining formulasi:**



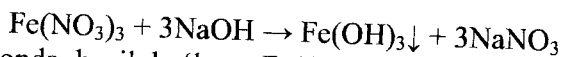
Shulse-Gardi qoidasiga ko'ra, bu zolni musbat zaryadlangan ionlar koagulyatsiyalaydi.  $\text{K}^+$  ga nisbatan  $\text{Ca}^{2+}$  ning zaryadi katta. Shuning uchun  $\text{CaCl}_2$  ning koagulyatsiyalash bo'sag'asi kichik bo'ladi.

### 2.8.3. Ion almashinish adsorbsiyasi



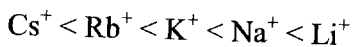
Panet-Fayans qoidasiga binoan, qattiq adsorbentlarga shu adsorbent tarkibiga kiradigan yoki adsorbent bilan umumiy guruhga ega bo'lgan izomorf ionlargina adsorbsiyalanadi.

Masalan, tanlangan adsorbsiyani quyidagi misolda ko'rsatish mumkin:



Bu jarayonda hosil bo'lgan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  cho'kmasi qattiq fazali adsorbat vazifasini bajaradi. Agar shu sistemaga ortiqcha miqdorda  $\text{NaOH}$  yoki  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  qo'shilsa tanlangan adsorbsiyaga  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  ionlari emas, faqat  $\text{OH}^-$  va  $\text{Fe}^{3+}$  ionlari bo'lishi oqibatida adsorbent va adsorbatlarning  $\text{OH}^-$  va  $\text{Fe}^{3+}$  ionlari orasidagi moyillik holati kelib chiqadi.

Tanlangan adsorbsiya ionlarning zaryad soniga, radiusiga, gidratlanish darajasiga bog'liq bo'ladi. Ko'p valentli ionlar bir valentli ionlarga qaraganda kuchliroq adsorbsiyalanadi. Bir xil zaryadga ega bo'lgan ionlar o'lchamlari va gidratlanish darajasiga qarab adsorbsiyaga moyilligi turlicha bo'ladi va liotrop qatorlardan joy oladi:



Tanlangan adsorbsiya yordamida kerakli adsorbentlarni tanlab olib, murakkab aralashmalardan kerakli moddalarni ajratib olish mumkin.

Har bir antitelo aniq bir begona oqsil (antigen) bilan birikadigan immunli oqsillar (antitelolar) tanlash qobiliyatiga egadir.

Buyrak va siydik yo‘llarida tosh hosil bo‘lishi jarayoni ham tanlangan adsorbsiyaga asoslangan.

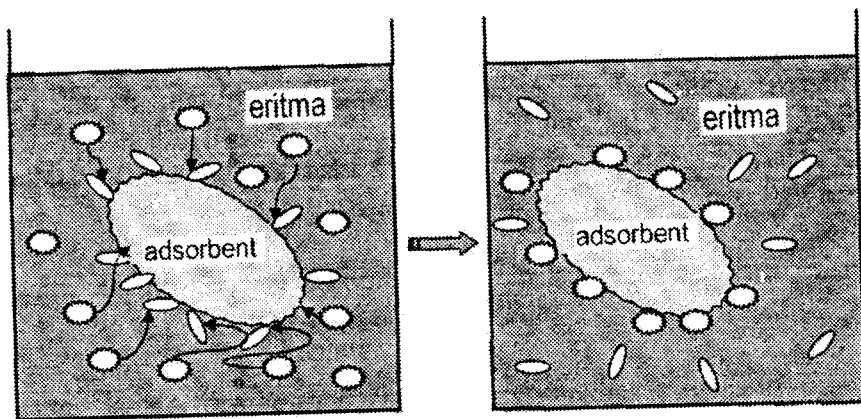
Adsorbsiyalanayotgan modda miqdorining konsentrasiya, harorat, bosim va boshqa omillarga bog‘liqligini ko‘rsatadigan egri chiziq adsorbsiyalanish izotermasi deyiladi yoki qisqacha izoterma deyiladi.

**Ion almashinish xususiyatiga ega bo‘lgan sorbentlar ionitlar deb ataladi. Ular quyidagi 3 turga bo‘linadi:**

1. **Kationitlar** - kislotali sorbentlardir. Ularning funksional guruhlari karboksil, gidroksil va sulfoguruhlar bo‘lib (masalan, silikagel, sellyuloza) ular adsorbent bilan kation almashinish orqali ta’sirlashadi.

2. **Anionitlar**-asosli adsorbentlar bo‘lib, (masalan,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) funksional guruhlari adsorbent bilan anion ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) almashinish orqali ta’sirlashadi.

3. **Amfoter ionitlar** – tarkibi jihatdan  $\text{H}^+\text{SO}_3 - \text{R} - \text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$  ga (R – organik polimer) yaqin bo‘lgan sorbentlar bo‘lib, sorbat bilan ham kation ( $\text{H}^+$  hisobiga), ham anion ( $\text{OH}^-$  hisobiga) almashinish orqali ta’sirlashadi.



Rasm. Almashinish adsorbsiyasi sxemasi

### **Ion almashinish adsorbsiyasining o'ziga xos xususiyatlari:**

- O'ziga xosligi ya'ni berilgan (ayni) adsorbent faqatgina ma'lum ionlarnigina almashishi mumkin;
- Qaytmas bo'lishi mumkin;
- Molekulyar adsorbsiyaga nisbatan sekin boradi;
- $H^+$  yoki  $OH^-$  ionlari almashganida muhitning pH qiymati o'zgarishi mumkin.

Eritmalar bilan ion almashinish xususiyatiga ega bo'lgan adsorbentlar *ionitlar* deyiladi.

Odatda kation almashinuvchi smolalar fenolsulfokislolani formaldegid bilan kondensatsiyalash yo'li bilan olinadi. Tayyor kationitlar qora yoki to'q-qo'ng'ir rangli, zarrachalarining o'lchami  $0,5 \div 2$  mm bo'ladi.

Anion almashinuvchi smolalar mochevina, anilin va n-fenilendiaminlarning formaldegid bilan kondensatsiyalanishidan sintez qilinadi. Ion almashinuvchi smolalar ishlatilishidan oldin qayta ishlanadi. Qayta ishlash quyidagicha amalga oshiriladi:

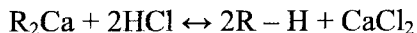
- Kationitlarga distillagan suv quyiladi va bo'kishi uchun 1-2 sutka qoldiriladi.

- So'ngra suv yo'qotiladi (ajratib olinadi), bo'kkan smolaga esa 2N xlorid kislota qo'yiladi va kislota bilan birga 1 sutka qoldiriladi;

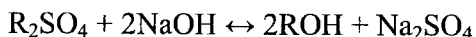
- So'ngra kislota to'kib yuboriladi va toki neytral muhit hosil bo'lguncha smola zarrachalari yuviladi (metiloranj sinamasi). Bunday qayta ishlash natijasida H-shaklli kationit olinadi.

Anionitlar ham kationitlar kabi 1-2 sutka suvda bo'ktiriladi, keyin suv yo'qotilib, 1N natiriy ishqori bilan 1 sutka qoldiriladi. So'ngra smola neytral muhit hosil bo'lguncha suv bilan yuviladi (fenolftalein sinamasi). Shunday qilib,  $OH^-$  shakl anionit hosil bo'ladi.

Kationitlarni regeneratsiya qilish uchun ular orqali 2N xlorid yoki sulfat kislota o'tkaziladi. Agar kationitga avval  $Ca^{2+}$  ionlari adsorbilangan bo'lsa, regeneratsiyani quyidagicha ifodalash mumkin:



Anionitlarni regeneratsiya qilish uchun ularga 1N ishqor eritmasi bilan ishlov beriladi. Agar anionit avval  $SO_4^{2-}$  ionlarini yutgan bo'lsa, uning regeneratsiyasini quyidagicha tasvirlash mumkin:



### **Ion almashinish va tanlangan adsorbsiyani biologik va tibbiy ahamiyati**

Odam organizmida turli toksinlar va boshqalar to'qimalar va hujayralar orqali tanlab adsorbsiyalanadi. Masalan, qoqshol, botulizm va boshqa kasalliklarni qo'zg'atuvchi toksinlar avvalo markaziy asab sistemasi hujayralarini shikastlantiradi, dizenteriya qo'zg'atuvchi toksinlar — vegetativ asab sistemasini zararlantiradi, toshmalni tifda ko'pincha teri, miya va qisman yurak tomirlari shikastlanib, og'ir oqibatlar kelib chiqishiga sabab bo'ladi.

Ionitlar tibbiy maqsadlarda keng qo'llanadi. Masalan, chaqaloqlarning sun'iy oziqlarini tayyorlashda, qon va limfalarni konservatsiya qilish jarayonlarida, sof antibiotiklar olishda, me'da-ichak yo'lidagi zaharli moddalar, toksinlarni tozalashda keng qo'llanadi.

Immun sistemasi faoliyatining asosiy fizik-kimyoviy mexanizmi adsorbsiya jarayoniga asoslangan. Immun oqsillari (antitelolar) juda katta tanlangan adsorbsiya qiymatiga ega. Ular organizm uchun yot bo'lgan ma'lum tur oqsillarga (antigenlarga) adsorbsiyalanib, ularni eritib yuboradi. Elektron mikroskopik tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, antitelolar, masalan, ich terlama bakteriyalari ustida bir xil adsorsiyalanmasdan, «faol markazlar» bo'yicha adsorbsiyalanadi.

Buyrak va siydik yo'llarida tosh hosil bo'lishi jarayoni ham tanlangan adsorbsiyaga asoslangan. Buyrak biosuyuqliklari tarkibida  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$  va  $C_2O_4^{2-}$  ionlarining konsentratsiyasi ortganda ularning eruvchanlik ko'paytmalari kritik konsentratsiyasiga yetib kalsiy va magniy fosfat yoki oksalat tuzlari holida cho'kma hosil qiladi. Bu jarayon natijasida tanlangan adsorbsiya hisobiga suvda erimaydigan tuzlarga

moyilligi katta bo'lgan ionlar adsorbsiyalanadi, natijada qattiq faza yiriklashib buyrak va siydik yo'llarida qum va tosh hosil bo'ladi.

Tibbiyotda ishlatiladigan «adsorbsion terapiya» deb ataladigan ba'zi davolash usullari adsorbsiyaga asoslangandir. Masalan, me'da-ichak sistemasiga tashqi muhitdan tushgan zaharli moddalarni yoki ichaklarga turli organlardan ajralib chiqqan zaharli gazlarni (meteorizm) karbolenga (faollangan ko'mir) adsorbsiyalantirish orqali chiqarib yuboriladi.

Tibbiyotda turli xil moddalar bilan zaharlanganda qo'llanadigan adsorbentlar quyidagi jadvalda keltirilgan.

### **Turli moddalarni yo'qotish uchun qo'llanadigan adsorbentlar**

Modda	Sorbent
Fenol, geparin	To'rtlamchi ammoniy va fosfoniyl asosli anionitlar
Bilirubin	Faollangan ko'mir
Kaliy ionlari	Kationitlar, alyumosilikatlar, sirkoniysilikatlar
Ammoniy ionlari	Nordon fosfat kationitlar
Kreatinin	Nikel, mis, rux, kobalt tuzlari bilan modifikatsiyalangan alyumosilikatlar
Xolesterin	Uglerod sorbentlar, biospetsifik sorbentlar.

Tirik organizmda ko'pchilik reaksiyalar biokatalizator— fermentlar ishtirokida boradi. Fermentlarning ta'siri avvalo substratning ferment kompleksi sirtida adsorbsiyalanishidan boshlanadi va shundan keyin ferment o'zining katalitik ta'sirini ko'rsatadi.

Odam organizmidagi ba'zi ferment va boshqa biologik faol birikmalarning faol markazlarida juda yaxshi adsorbsiyalanadigan zahar va toksinlarni oz miqdorda yuborish ko'pincha ularning adsorbsiyalanishiga olib keladi. Misol tariqasida organizmga sianid kislotasi tuzlarini yuborishni keltirish mumkin. Sianid kislotasi tuzlari tarkibida temir saqlaydigan nafas fermentlarining faol markazlarida adsorbsiyalanib ularning faoliyatini

to'xtatadi. Bu og'ir oqibatga olib keladi, natijada bir necha sekund ichida inson halok bo'lishi mumkin.

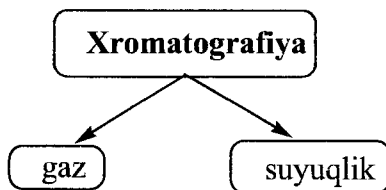
## 2.9.Xromatografiya

Xromatografiya – moddalar aralashmasini tahlil qilish va ajratishning fizik-kimyoviy usuli bo'lib, harakatsiz va harakatchan fazalar o'rtasida ajratilayotgan moddalarning uzluksiz adsorbsiya va desorbsiyalanish jarayonlariga asoslangan.

Xromatografik usullar quyidagi belgilariga ko'ra klassifikatsiyalanadi:

- Harakatchan va harakatsiz (turg'un) fazalarning tabiatiga ko'ra;
- Ajralish jarayoni mexanizmiga ko'ra;
- Bajarish texnikasiga ko'ra.

Harakatchan fazaning agregat holatiga ko'ra xromatografiya 2 ga bo'linadi:

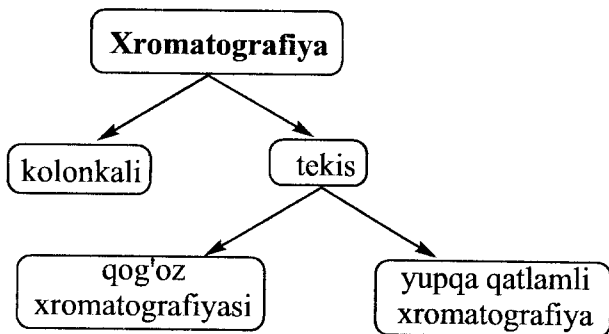


Ajralish jarayonining mexanizmiga ko'ra xromatografiyaning quyidagi turlari farqlanadi:

- Adsorbsion;
- Taqsimlanish;
- Ionalmashinish;
- Gel-xromatografiyasi;
- Xemosorbsion.

Bajarish texnikasiga ko'ra:





**Xromotografiya** (yunoncha *xromos* - rang demakdir) murakkab moddalarni ayrim qismlarga ajratib tarkibini aniqlashga asoslangan fizik-kimyoviy usullardan biri. Xromotografiyaning maqsadi quyidagilardan iborat. Qo'zg'almas faza (adsorbent) vazifasini bajaruvchi qavatdan adsorbat va elyuent (suyuqlik yoki gazlar) o'tkaziladi. Natijada elyuent bilan birga adsorbat ham harakatlana boshlaydi. Agar adsorbat komponentlarining adsorbsiyalanishga moyilligi turlicha bo'lsa, kuchli adsorbsiyalanadigan moddalar adsorbentning yuqori qismida, nisbatan kuchsizlari esa quyi qismida sorbsiyalanadi va elyuent yordamida o'zaro ajraladi. Masalan, eritmadagi mis va kobalt ionlarini bir-biridan ajratish maqsadida eritma aluminiy oksid bilan to'ldirilgan adsorbsion kolonka orqali o'tkaziladi. Kolonkaning yuqori qismida avval ikkala ion ham adsorbsiyalanadi. Kolonkadan erituvchi o'tkazilsa, u aluminiy oksidga kuchsiz adsorbsiyalangan kobalt ionlarini pastroqqa tushiradi va ionlar aralashmasi ajratiladi.

Adsorbsion xromotografiya hodisasi tibbiyotda keng qo'llanadi. Masalan, ko'pchilik dorivor moddalar: antibiotiklarni, gormonlarni, antiseptik moddalarni, alkaloidlarni preparativ ajratish va tozalashda adsorbsion xromotografiya usulidan foydalaniladi.

#### **Adsorbsiyaning amalda qo'llanilishi**

Qattiq adsorbentlarga gazlarning adsorbsiyasi:

- Gazlar aralashmasidagi alohida komponentlarni ajratishda;
- Zaharli gazlarni yuttirishda ;
- Erituvchilarni regeneratsiya qilishda (qaytarishda: aseton, benzo<sup>l</sup>, ksilol, xloroform, uglerodsulfid va boshqalar);

- Turli xil sanoat chiqindilarini yo‘qotishda, havoni agressiv gazlardan tozalashda;
- Gazlarni quritishda;
- Fazalar chegara qismida turli xil geterogen reaksiyalarni amalga oshirishda ishlatiladi.
- O‘simliklarning havodan karbonat angidridni o‘zlashtirishi ham barglarning CO<sub>2</sub> ni adsorbilashi bilan bog‘liq.
- Hayvonlar va odamlarning nafas olishi ham kislorodning o‘pka sirtiga adsorbsiyasiga asoslangan.
- Ion almashinish adsorbsiyasi tibbiyotda suv tozalashda, qondagi Ca<sup>2+</sup> ionlarini yo‘qotishda, oshqozon sharbatining kislotaligini davolashda qo‘llaniladi.

***Turli xil moddalarni yo‘qotishda ishlatiladigan sorbentlarning turlari***

Modda	Sorbent
Fenol, geparin	To‘rtlamchi ammoniyli va fosfoniyl asosli anionitlar
Bilirubin	Faollangan ko‘mir
Kaliy ioni	Kationitlar, alyumosilikatlar, sirkoniy silikatlar
Ammoniy ioni	Fosfat kislotali kationitlar
Kreatinin	Nikel, mis, rux, kobalt tuzlari bilan modifikatsiyalangan alyumosilikatlar
Xolesterin	Uglerodli sorbentlar, makrog‘ovakli anionitlar, biospetsefik sorbentlar

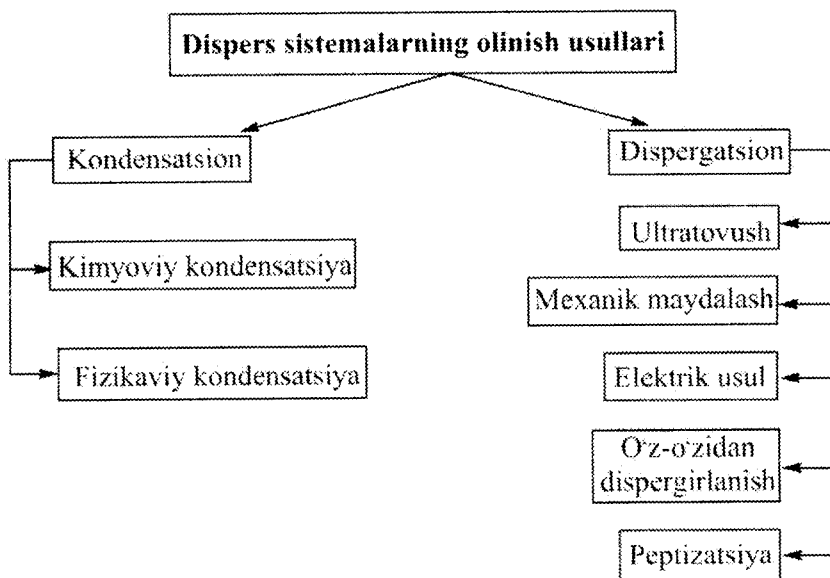
Umuman, adsorbsiya jarayoni tibbiyotda juda keng qo‘llaniladi. Oshqozon-ichak yo‘lidagi turli xil zaharli moddalarni yo‘qotishda, qonni resirkulyatsiya qilishda, enterosorbsiyada adsorbsiya jarayoni muhim ahamiyatga ega.

Enterosorbsiya – davolash va profilaktika maqsadida oshqozon-ichak yo‘lidagi endogen va ekzogen moddalarni turli xil sorbentlar yordamida bog‘lash va chiqarishga asoslangan usul.

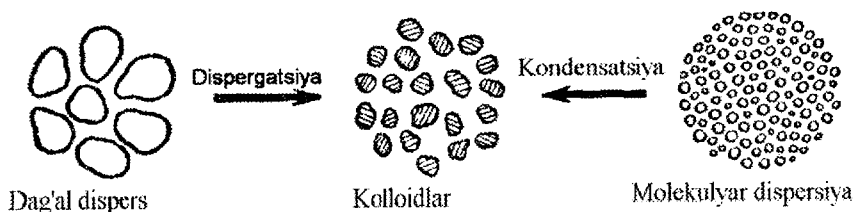
Enterosorbsiyada ishlatiladigan eng muhim sorbentlar:

- Faollangan ko‘mir (karbolen, karboaktin va boshqalar);
- Tibbiy lignin (polifepan preparati: 80% lignin va 20% sellulozadan iborat);
- Xitin asosidagi enterosorbentlar (2-asedamido-2-dezoksi- $\beta$ -D-glyukoza).
- Polivinilpirrolidon asosidagi enterosorbentlar-bu preparatlar-pankreatit, buyrak-jigar yetishmovchiligida va infeksiyon gepatitni davolashda ishlatiladi.
- Ion almashinuvchi materiallar va h.z.

### III. DISPERS SISTEMALARNING OLINISHI VA TOZALASH USULLARI



Kolloid eritmalar dag'al dispers sistemalar bilan chin eritmalarining oraliq holatini egallagan uchun ularni bir biriga qarama - qarshi bo'lgan ikki usulda hosil qilish mumkin. Ularning biri yirikroq zarrachalarni maydalash, ikkinchisi esa molekula yoki ionlardan yirikroq zarrachalar hosil qilishdan (agregatlashdan) iborat; birinchi xil usul-dispergatsiya, ikkinchisi kondensatsiya usullari deyiladi:



### 3.1. Kolloid sistemalar olinishining dispergatsiya usullari

**Disperslash:** O'z-o'zidan sodir bo'lishi yoki o'z-o'zidan sodir bo'lmashligi mumkin. O'z-o'zidan disperslanish liofil sistemalar uchun xosdir.

O'z-o'zidan boradigan jarayonlar, shu jumladan disperslanishning termodinamik imkoniyati

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$$

shart bilan aniqlanadi.

Disperslash uchun ma'lum ish bajariladi yoki unga ekvivalent miqdorda energiya sarflash talab etiladi. Mavjud bo'lgan bog'larni uzish uchun kogeziya ta'sirlashuvni yengish talab etiladi. Bu ta'sirlashuvni yengish uchun sarflangan ish **kogeziya ishi** deyiladi.

Hosil bo'lgan yangi fazalar orasida o'zaro ta'sirlashuv ya'ni **adgeziya** sodir bo'ladi. Adgeziya natijasida sirt energiya kamayadi. O'z-o'zidan sodir bo'ladigan disperslanishda

$$\Delta H < 0; \Delta S > 0; \Delta G < 0; W_{adgeziya} > W_{kogeziya} \text{ bo'ladi.}$$

Liofil sistemalar emulsiyalar, parafinlarning uglevodorodlardagi yuqori-dispers zollari, mitsella hosil qiluvchi SAM va boshqalar kiradi.

Liofil sistemalar hosil bo'lishda Rebinder-Shukin kriteriyasi:

$$\sigma \leq \frac{\beta \cdot k_B \cdot T}{d^2},$$

bunda  $d$  - zarrachaning chiziqli o'lchami;  $\beta$  - zarrachaning shaklini va entropiya o'zgarishini ifodalovchi koeffitsiyent.

O'z-o'zidan sodir bo'lmaydigan disperslanish **liofob** sistemalar uchun xarakterlidir. Bu vaqtda disperslash tashqi energiya hisobiga sodir bo'ladi.

**O'z-o'zidan sodir bo'lmaydigan disperslash usullari:**

- Mexanik;
- Fizik (elektrik usullar bilan, ultratovush bilan disperslash);
- Fizik-kimyoviy (peptizatsiya).

**Dispers fazaning agregat holatiga qarab:**

- Maydalash, yeyilish, ezish (Q/G; Q/S sistemalar);
- Kukunlash (S/G; S/S sistemalar);

- Barbotaj (G/S sistemalar olinadi) usullarga bo‘linadi.

Kolloid sistemani dispergatsiya yo‘li bilan hosil qilinishining **ikkita sharti bor, birinchidan** dispers faza zarrachalari shu dispersion muhitda mumkin qadar kam eruvchan bo‘lishi lozim, **ikkinchidan** sistemada dispers faza va dispersion muhitdan tashqari yana uchinchi modda bo‘lishi kerak, bu modda kolloid zarrachalar sirtiga yutilib, dispers faza bilan dispersion muhit zarrachalari o‘rtasida mustahkam bog‘lanishni vujudga keltiradi. Bunday moddalarni **stabilizatorlar-barqarorlashtiruvchilar** deyiladi.

Stabilizatorlar sifatida sirt faol moddalar ishlatiladi. Ular quyidagi molekulyar va yuqori molekulyar moddalar bo‘lishi mumkin. Bunday moddalar molekulasining bir qismi suvga nisbatan ko‘proq moyillik namoyon qiladi; bu qismini gidrofil guruhi tashkil etadi, ikkinchi qismi uglevodorod radikali bo‘lib, u gidrofob guruhdan iborat. Sirt-faol moddani sxematik tarzda  $O \sim \sim \sim$  shaklida (yoki  $O \sim$  shaklda) belgilash mumkin; bu shaklni doira qismi gidrofil guruhlarni, to‘g‘ri chiziq qismi gidrofob guruhlarni bildiradi.

Sirt-faol moddalar zarrachalarning sirtiga yutilib, ularning mustahkamligini pasaytiradi, natijada maydalanish nihoyatda osonlashadi. Yuqori molekulyar sirt faol moddalar esa dispers faza zarrachalarining sirtida adsorbsion qavat hosil qilib, sistemaning barqarorligini oshiradi. Yuqori molekulyar moddalar liofob zol zarrasi sirtida solvat qavat hosil qilib, ularning o‘zaro birlashish xossasini yo‘qotadi va sistemaning barqarorligini ta‘minlaydi. Sirt faol moddalarga spirt, fenol, karbon kislota va uning tuzlari, jelatina, oqsil, pektin, yelim, albumin va hokazolar kiradi.

Dispergatsiya usulida kolloid eritmalar hosil qilish uchun qattiq jism stabilizator bilan birga mexanik usulda kukun qilib maydalanadi yoki elektr yoxud ultratovush yordamida suyuqlik ichida kukunga aylantiriladi.

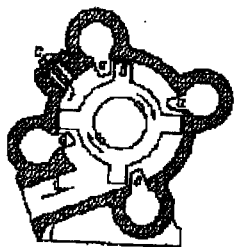
**Mexanik usul.** Qattiq jismni kolloid zarrachalar o‘lchamida maydalash uchun kolloid tegirmon va vibrotegirmonlar ishlatiladi.

Mexanik usulda jism tashqi kuch ta‘sirida deformatsiyaga uchraydi, natijada qattiq jism yuzasida kichik yoriqchalar hosil bo‘ladi. Bu yoriqchalar chegarasidagi yuzasiga ikkinchi bir modd molekulasi yutilib, qattiq jismning mustahkamligini pasaytiradi.

Bunday moddalar qattqlikni pasaytiruvchilar deyiladi. Bu moddalar ishtirokida dispergatsiya osonlashadi. Agar ikkinchi bir modda bo'lmasa va jismga ta'sir qiluvchi kuch to'xtatilsa hosil bo'lgan kichik yoriqchalar yo'qolishi mumkin. Ta'sir qiluvchi tashqi kuch jismning ichki molekulalararo ta'sir kuchidan katta bo'lgandagina dispergatsiya jarayoni ro'y beradi.

**Kolloid tegirmonning ishlash mexanizmi.** Kolloid sistemalar hosil qilish uchun dispers faza zarrachalarining o'lchamlari 1 nm dan 100 nm gacha bo'lishi kerak. Zarrachalarning o'lchami ana shunday bo'lgan suyuq kolloid sistema hosil qilishning birinchi sharti: dispers faza moddasi shu dispersion muhitda mumkin qadar kam eruvchan bo'lishi lozim; ikkinchi sharti: sistemada dispers faza va dispersion muhitdan tashqari yana uchinchi modda bo'lishi kerak, bu modda kolloid zarrachalar sirtiga yutilib, dispers faza bilan dispersion muhit o'rtasida mustahkam bog'lanishni vujudga keltiradi. Kolloid eritmalarni barqaror qiladigan moddalar **stabilizatorlar** deyiladi. Dispergirlash usuli bilan kolloid eritmalar hosil qilish vaqtida qattiq jism stabilizator bilan birga kukun qilib maydalanadi yoki elektr yoxud ultratovush yordami bilan suyuqlik ichida kukunga aylantiriladi.

Qattiq jismni maydalash uchun kolloid tegirmon ishlatiladi.



Rasm. Kolloid tegirmon.

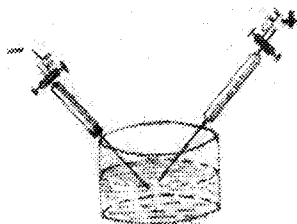
a-harakatsiz jismlar; b-kurakcha

c-modda solinadigan teshik;

d- modda chiqariladigan teshik.

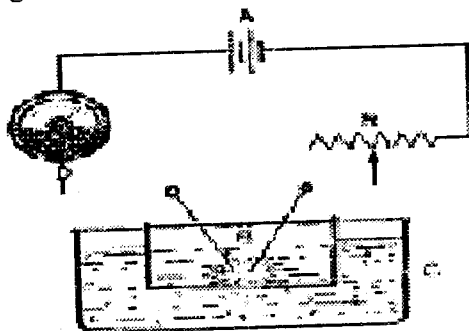
Kolloid eritmasi tayyorlanadigan modda avval maydalanadi, suyuqlik (dispersion muhit) va stabilizator bilan aralashtiriladi, so'ngra u teshik (c) orqali tegirmonga solinadi. Suyuqlik va uning ichidagi qattiq jism o'qqa o'rnatilgan kurakcha (b) yordamida tez qorishtiriladi (kurakcha minutiga 10000-15000 marta aylanadi). Natijada suyuqlik va qattiq modda zarrachalari juda tez harakatlanadi va harakatsiz jismlar (a) ga kelib urilib, maydalanadi. Tayyor maydalangan mahsulot tegirmonning past qismidagi teshik (d) orqali chiqariladi. Kolloid tegirmon yordamida bo'yoq, oltingugurt, grafit, kvarts va boshqa moddalarning kolloid eritmaları tayyorlanadi.

**Metallarni elektr yordamida "changlatish"**. Bu usulni 1898-yilda Bredig taklif qilgan. Bunda kolloid eritmasi olinishi kerak bo'lgan metaldan yasalgan ikkita sim dispersion muhitga tushiriladi, ulardan biri elektr manbaning musbat, ikkinchisi esa manfiy qutbga ulanadi; simlar bir-biriga tekkizilib, elektr yoyi hosil qilinadi. So'ngra ular bir biridan bir oz uzoqlashtiriladi. Bu vaqtda metall dispersion muhitda changlana boshlaydi. Barqaror zol hosil bo'lishi uchun ozgina ishqor qo'shiladi. Bu usulda asosan "asl metallarning" zollari olinadi:



Changlatish usuli bilan kolloid eritma hosil qilishda metall avval bug'lanadi, so'ngra uning juda mayda zarrachalari o'zaro qo'shib, kolloid eritma zarrachalarini hosil qiladi; shu sababli bu usul kondensatsion usullar qatoriga kiritiladi.

Agar **ultratovush to'lqinlari** maydoniga bir-biri bilan aralashmaydigan ikkita suyuqlik solingan idish qo'yilsa, natijada ikki suyuqlikning emulsiyasi hosil bo'ladi.



Rasm. Elektr toki yordamida metall zollarini hosil qilish asbobining sxemasi  
 A-doimiy tok manbai; R – reostat; B – elektr yoyi;  
 C – sovituvchi aralashma.

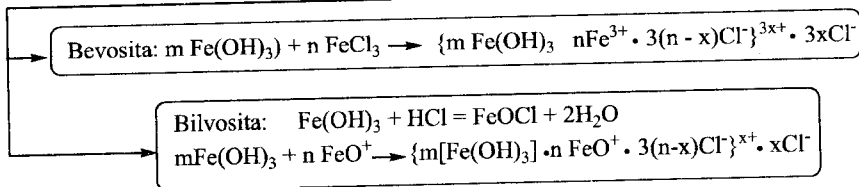


**Ultratovush yordamida "changlatish" usuli.** Ultratovush usuli sanoatda keyingi yillarda keng qo'llanilmoqda. Bu usulda ultratovush to'lqinlarining kuchli tebranishi maydoniga bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlik solingan idish qo'yilsa, muallaq zarrachalar maydalanib ikki suyuqlikning emulsiyasi hosil bo'ladi. Bu usul bilan oltingugurt, bo'yoq, simob, qo'rg'oshin, rux, kauchuk, kraxmal va boshqa moddalarning kolloid eritmalarini hosil qilish mumkin. Bu usul yordamida olimlardan Rjevkin va Ostrovskiylar Ag, Pd, Sn, Bi metallarining zollarini hosil qilishgan.

**Peptizatsiya usuli.** Zolning koagulyatsiya mahsuloti (gel, iviqlar, cho'kmalar)ni qaytadan kolloid eritma holiga o'tkazish **peptizatsiya** deyiladi. Peptizatsiyani amalga oshirish uchun kolloid cho'kmasiga biror elektrolit qo'shib erituvchi bilan aralashtiriladi. Kolloid eritma olishda ishlatiladigan elektrolit **peptizator** deyiladi. Peptizator sifatida elektrolitlar va ba'zi sirt faol moddalar ishlatiladi. **Peptizatsiya tezligiga turli omillar (peptizatorning kimyoviy xossasi, konsentratsiyasi, cho'kmaning holati, uning miqdori, temperatura, aralashtirish tezligi, ultratovush, radiofaol nurlar va hokazolar) ta'sir etadi.**

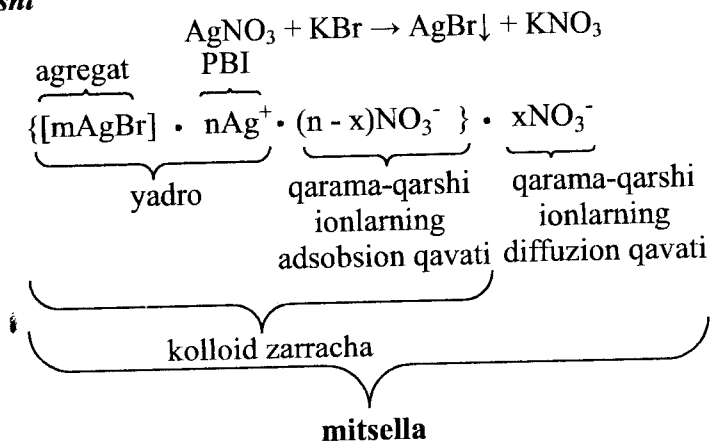
A.V. Dumanskiyning fikricha peptizatsiya vaqtida cho'kma bilan peptizator orasida kompleks birikmalar tipidagi bir qator oraliq mahsulotlar hosil bo'ladi, agar kolloid zarrachalar sirtiga stabilizatorning o'zi yutilib kolloid eritma hosil qilsa, bunday peptizatsiya **bevosita peptizatsiya** deyiladi; agar kolloid zarrachalar sirtiga stabilizatorning o'zi yutilmay, balki uning eruvchan modda bilan hosil qilgan mahsulotlari yutilsa, **bilvosita peptizatsiya** deyiladi. Masalan,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  cho'kmasiga  $\text{FeCl}_3$  ta'sir ettirib,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ning gidrozolini hosil qilish bevosita peptizatsiyadir, chunki bu holda temir ionlari kolloid zarrachalar sirtlariga yutilib, ularda musbat zaryadlar hosil qiladi; musbat zaryadli zarrachalar bir-biridan o'zaro itarilganligi uchun cho'kma tezda gidrozolga aylanadi.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ning iviq cho'kmasiga HCl ning kuchsiz eritmasini ta'sir ettirib,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  gidrozolini hosil qilish bilvosita peptizatsiyaga misol bo'ladi, chunki bu holda peptizator rolini HCl bilan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  orasida sodir bo'ladigan reaksiya mahsuloti  $\text{FeOCl}$  bajaradi.

## Peptizatsiya

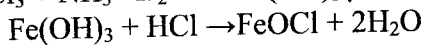
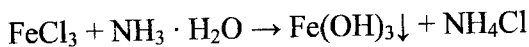


Peptizatsiyaning adsorbsion, dissolyutsion, cho‘kmani erituvchi bilan yuvish turilari ma’lum.

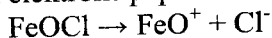
**Adsorbsion peptizatsiya yordamida kumush bromid zolining olinishi**



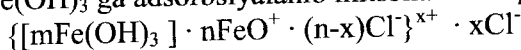
**Dissolyutsion peptizatsiya** adsorbsion peptizatsiyadan elektrolit peptizatorning tayyor holda bo‘lmasligi bilan farq qiladi. Dissolyutsion peptizatsiyani  $\text{Fe(OH)}_3$  ning olinishi misolida ko‘rib chiqamiz:



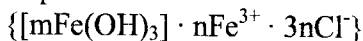
Hosil bo‘lgan  $\text{FeOCl}$  elektrolit-peptizator hisoblanadi:



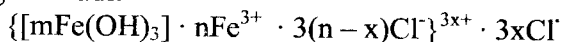
$\text{FeO}^+$   $\text{Fe(OH)}_3$  ga adsorbsiyalanib mitsella hosil qiladi:



**Cho'kmani erituvchi bilan yuvish** usuli cho'kma hosil bo'lishida reagentlardan biri juda ko'p miqdorda olingan holatlarda ishlatiladi. Eritmada ionlar konsentrasiyalarining ko'pligi qo'sh elektr qavatning siqilishiga olib keladi, natijada kolloid zarrachaning zaryadi 0 ga teng bo'lib qoladi:



Cho'kma erituvchi bilan yuvilgandan so'ng mitsella quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:



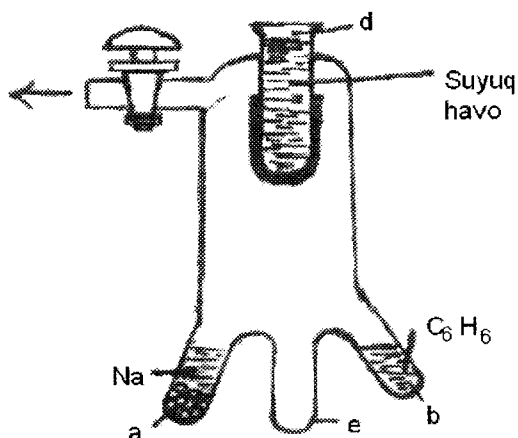
Sirt hodisalar fazalar chegarasi sirtida sodir bo'ladi va sirt yuzalarning tuzilishi va tarkibining o'ziga xos xususiyatlari bilan tushuntiriladi.

**Faza** – geterogen sistemaning bir jinsli qismi bo'lib, bir xil kimyoviy tartibga ega va termodinamik parametrlarning bir xil qiymatini qabul qiladi.

### 3.2. Kolloid sistemalarni olinishning kondensatsiya usullari

**Kondensatsiya usullari:** fizik kondensatsiya, kimyoviy kondensatsiya, fizik-kimyoviy kondensatsiya.

**Fizik kondensatsiya usuli.** Fizik kondensatsiya usullaridan biri dispersion muhitga qattiq jism bug'ini yuborish usulidir. Bu usul bilan simob, selen, oltingugurt, fosfor zollari olinadi. Rus olimlari A. I. Shalnikov va S. Z. Roginskiylar modda bug'ini qattiq sovutilgan sirtida kondensatlab kolloid eritmalar hosil qilish usulini ishlab chiqdilar. Ular bu usul bilan juda ko'p metall va metallmaslarning suvdagi hamda organik muhitdagi kolloid eritmalarini olishga muvaffaq bo'ldilar. Ular bu usul bilan Hg, Cd, Se, S larning gidrozollarini, Hg, Cd, K, Pl, Cs, Na larning organozollarini hosil qildilar. Quyidagi rasmda Shalnikov va Roginskiy usulida kolloid eritma tayyorlanadigan asbobning sxemasi ko'rsatilgan:



Rasm. Shalnikov va Roginskiy usulida kolloid eritma tayyorlanadigan asbobning sxemasi.

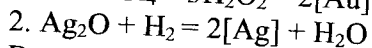
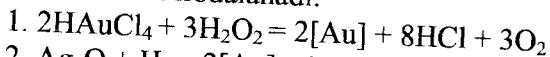
Asbobning a qismiga bug‘lanuvchi qattiq modda (masalan Na), b qismiga dispersion muhit (masalan, benzol), d qismiga suyuq havo solinadi. Asbobning a va b qismlari qizdirilganda Na va benzol bug‘lanib, suyuq havo solingan e idish sirtida kondensatsiyalanadi. Suyuq havo olib qo‘yilgach (bug‘lanib bo‘lgach), kondensatlanish natijasida hosil bo‘lgan kolloid eritma asbobning g qismiga yig‘iladi.

**Erituvchini almashtirish usuli** fizik - kimyoviy kondensatsiya usuliga kiradi. Bu usulning mohiyatini quyidagi misolda ko‘rib o‘tamiz.

Ma‘lumki, ba‘zi organik kislotalar etil spirtida yaxshi, lekin suvda yomon eriydi. Bunday kislotalarning suvdagi kolloid eritmalarini hosil qilish uchun avval kislota spirtida eritiladi, so‘ngra hosil bo‘lgan eritmaga asta-sekin suv qo‘shib suyultiriladi. Suv spirt bilan har qanday nisbatda aralasha olganidan, spirtida erigan organik kislotalarning suvli spirtida eruvchanligi pasayib, uning suvdagi kolloid eritmasi hosil bo‘ladi. Shu yo‘l bilan masalan, oltingugurtning spirtidagi eritmasiga suv qo‘shib, oltingugurtning sut kabi kolloid eritmasini hosil qilishi mumkin.

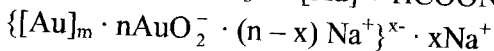
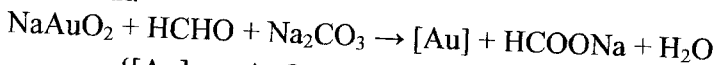
**Kimyoviy kondensatsiya usuli.** Bu usul kimyoviy reaksiyalar natijasida qiyin eruvchan birikmalar hosil bo'lishiga asoslanadi. Ularga: 1) qaytarilish, 2) oksidlanish, 3) almashinish, 4) gidroliz va boshqa reaksiyalarga asoslangan usullar kiradi.

Qaytarilish usulida dispers faza chin eritmada biror qaytaruvchi modda yordamida qaytariladi. Misol tariqasida,  $\text{HAuCl}_4$  eritmasini  $\text{H}_2\text{O}_2$  yoki formalin bilan qaytarish, kumush oksidni vodorod bilan qaytarish reaksiyalarini ko'rsatish mumkin; bu reaksiyalar quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

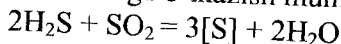


Bu tenglamalarda zol tarzida hosil bo'ladigan moddalar kvadrat qavslarga olingan. Qaytaruvchi sifatida, ko'pincha gidrazin, tanin, fenilgidrazin, alkaloidlar va boshqa moddalar ishlatiladi. Qaytarish usuli bilan Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Os, Ag, Bi, Cu, Fe, Se larning zollari hosil qilingan.

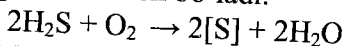
Oltin zolini olish uchun  $\text{AuCl}_3$  ni chumoli aldegid bilan qaytarish mumkin:



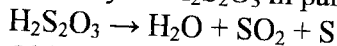
Shuningdek, vodorod sulfidni sulfid anhidrid bilan qaytarish orqali oltingugurt ni kolloid holatga o'tkazish mumkin:



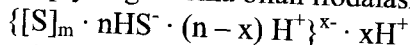
Oksidlanish usulida molekulyar eritmani oksidlash yo'li bilan kolloid eritma hosil qilinadi, masalan,  $\text{H}_2\text{S}$  eritmasi kislorod bilan oksidlanganda oltingugurt zoli hosil bo'ladi:



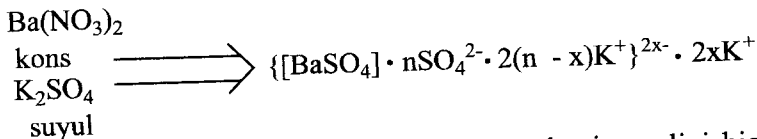
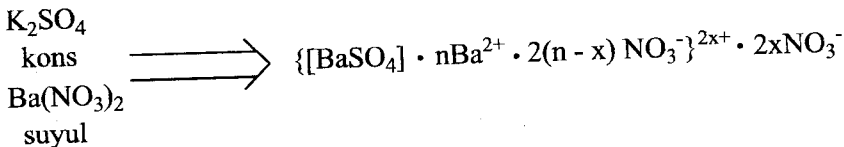
Oltingugurt zolini  $\text{H}_2\text{S}$  ni kislorod bilan oksidlab,  $\text{H}_2\text{S}$  ga  $\text{SO}_2$  ta'sir ettirib yoki  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ni parchalab olish mumkin:



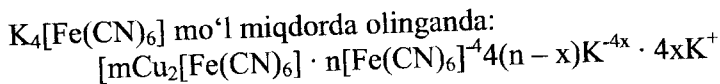
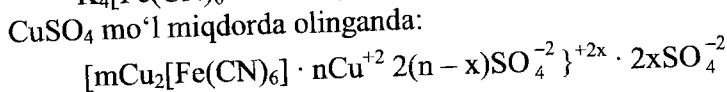
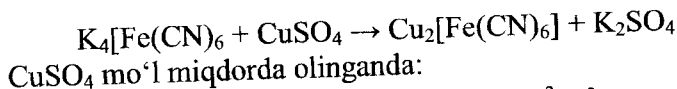
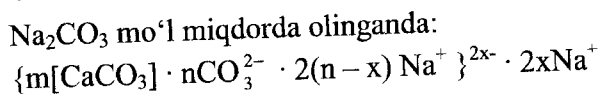
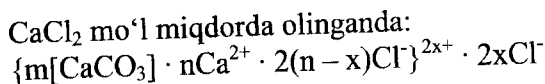
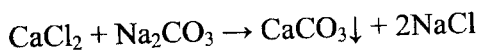
Oltingugurt zolini quyidagi sxema bilan ifodalash mumkin:



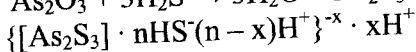
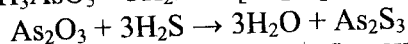
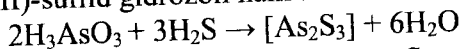
Almashinish usuli erimaydigan moddalar hosil bo'ladigan almashinish reaksiyalariga asoslangan. Masalan;  $\text{BaSO}_4$  zolining olinishini qarab chiqamiz:



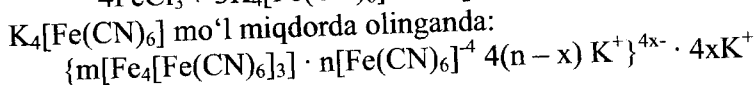
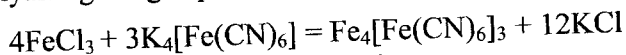
**Almashinish usulida** kolloid zarrachaning olinishiga yana misol keltiramiz:



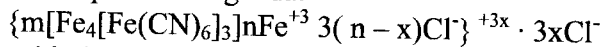
Mishyak (III)-sulfid gidrozoli ham xuddi shu usulda olinadi.



Almashinish usulida hosil bo'ladigan kolloid zarrachalarning o'lchamlari o'zaro reaksiyaga kirishuvchi eritmalarning konsentratsiyalariga bog'liq bo'ladi. Misol tariqasida:



FeCl<sub>3</sub> mo'l miqdorda olinganda:



reaksiyasi asosida hosil bo'ladigan berlin zangori kolloid eritmasini olib ko'raylik (bular tajribada aniqlangan):

1. Agar temir (III) xloridning 5ml 0.005 N eritmasiga 0.005N sariq qon tuzi eritmasidan 5ml qo'shib, uning ustiga 50 ml suv qo'shsak, berlin zangorisining tiniq kolloid eritmasi hosil bo'ladi.

2. Agar 5 ml 0.1N FeCl<sub>3</sub> eritmasiga K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] ning 0.1 N eritmasidan 5 ml quyib, ustiga 50 ml suv qo'shsak, loyqa eritma hosil bo'lib, berlin zangorisi cho'kmaga tushadi.

3. Agar FeCl<sub>3</sub> ning 5 ml to'yingan eritmasiga K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] ning to'yingan eritmasidan 5 ml qo'shsak, berling zangorisining geli hosil bo'ladi. Unga suv qo'shib suyultirish orqali berlin zangorisining kolloid eritmasini hosil qilish mumkin.

Demak, eng past (1-tajriba) va eng yuqori (3-tajriba) konsentratsiyalarda olingan FeCl<sub>3</sub> va K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] eritmali o'zaro reaksiyaga kirishib, yuqori dispers kolloid sistemalar hosil qiladi, lekin o'rtacha konsentratsiyada olingan eritmalar orasida sodir bo'ladigan reaksiyadan (2-tajriba) kolloid sistema hosil bo'lmaydi, Faqat berlin zangorisi cho'kmaga tushib, dag'al dispers sistema hosil qiladi. Bu tajribalarni quyidagicha tushuntirish mumkin. 1-holda (ya'ni, nihoyatda past konsentratsiyadagi reagentlar ishlatilganda) mavjud reagentlarning hammasi sarflanib, nisbatan kam mahsulot zarrachalaridan iborat mayda kristallanish markazlari hosil bo'ladi: mahsulot zarrachalarining yana ko'payishi uchun imkoniyat qolmaydi. Reagentlar yuqori konsentratsiyalarda olinganda birdaniga juda ko'p mahsulot zarrachalaridan iborat kristallanish markazlari paydo bo'lib, reagentlarning hammasi sarflanib ketadi; mayin kolloid sistema (gel) hosil bo'ladi. o'rtacha konsentratsiyadagi reagentlar eritmalaridan foydalanilganida dastlab hosil bo'lgan kristallanish markazlari o'sishini davom ettirib, dag'al dispers sistema hosil qiladi.

Demak, birinchidan kichik zarrachalarni yiriklashishi yoki kristallanish markazlarining hosil bo'lishi o'ta to'yingan eritmada yoki muhitda boshlanadi. Ikkinchidan kichik zarrachalar yoki

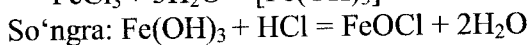
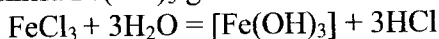
kristallarni yiriklashishi, ya'ni nisbatan katta zarrachalarni hosil bo'lishi suyultirilgan eritmalarda boradi.

Juda kichik zarrachalarni hosil bo'lish tezligini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$V = K \frac{C_{o'ta} - C_t}{C_t}$$

bu yerda,  $C_t$ - to'yingan eritma konsentratsiyasi;  $C_{o'ta}$ - o'ta to'yingan eritma konsentratsiyasi.  $C_{o'ta} - C_t$ - farqi sistemadagi moddaning ortiqcha erigan qismiga to'g'ri keladi va kristallarning hosil bo'lishi va o'sish tezligini aniqlovchi miqdor.

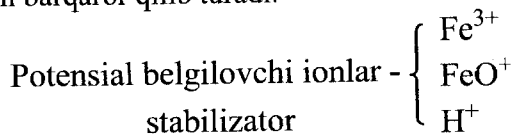
**Gidroliz usuli** bilan ko'pincha metall gidroksidlarining kolloid eritmaları olinadi. Buning uchun metall tuzlarini gidrolizlab, kam eriydigan gidroksidlar hosil qilinadi. Masalan, qaynab turgan suvga  $FeCl_3$  eritmasi qo'shilsa  $Fe(OH)_3$  gidrozoli hosil bo'ladi:



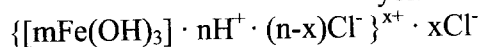
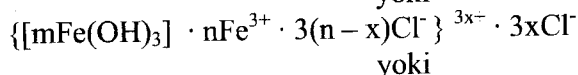
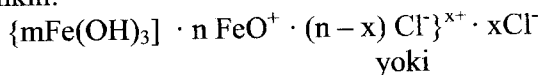
Bu reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan  $FeOCl$  (temir tuzi) qisman ionlarga parchalanadi:



Bu ionlar  $Fe(OH)_3$  zarrachalari atrofida ionlar qavati hosil qilib, kolloid sistemani barqaror qilib turadi.

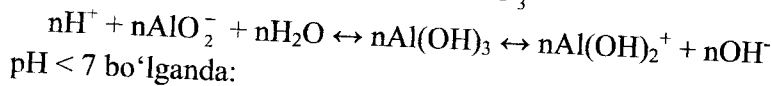
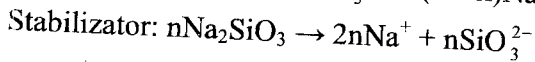
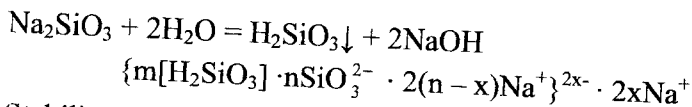


Qaysi ion stabilizator bo'lishiga qarab,  $Fe(OH)_3$  zoli mitsellasining tuzilishi quyidagi formulalar bilan ifodalanishi mumkin:

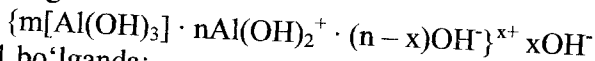


**Gidroliz usulida** zollar hosil bo'lishiga yana misollar keltiramiz:

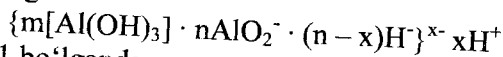




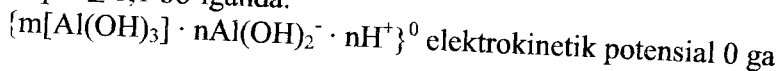
pH < 7 bo'lganda:



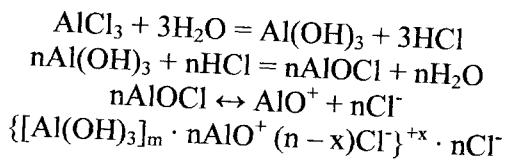
pH > 8,1 bo'lganda:



$7 \leq \text{pH} \leq 8,1$  bo'lganda:



teng.



### 3.3. Kolloid zarrachalarning tuzilishi haqidagi mitsellyar nazariya

Rus olimlari A.V.Dumanskiy, N.P.Peskov, S.M.Lipatov., A.N.Frumkin hamda chet ellik olimlar Fayans, Kroyt va boshqalar qo'sh elektr qavat nazariyalari asosida kolloid zarrachalarning tuzilishi haqidagi mitsellyar nazariyalar yaratishga muvaffaq bo'ldilar. Dastlab bu nazariyani kolloid kimyoda o'rganiladigan barcha obyektlar uchun tadbiiq etish mumkin, deb faraz qilindi. Lekin keyinchalik olib borilgan tekshirishlar nazariyaning faqat liofob kolloidlarga taalluqli ekanligini aniq ko'rsatdi. Liofil zollar, ya'ni yuqori molekulyar va polimer moddalarning eritmalari tamomila boshqa tuzilishda ekanligi aniqlandi.

Kolloid zarracha-kolloid dispers holatdagi oz eriydigan moddadan iborat yadro bo'lib, bu yadroga suyuqlikdagi elektrolit ionlari adsorbilanadi. Elektrolit ionlari zolni barqaror qilib turadi; shuning uchun ham bu elektrolit (ion) **stabilizator** deyiladi. Demak, kolloid zarracha atrofida ionlar adsorbilangan yadrodan iborat kompleksdir. Zarracha agregati yoki yadro yuz va minglarcha atom,

ion yoki molekullardan iborat neytral kristall tuzilishdagi modda bo'lib, uni ionlar qurshab turadi. **Yadro adsorбилangan ionlar bilan birgalikda granula deb ataladi.** Bu zarracha - granula ma'lum zaryadga ega bo'lgani uchun uning atrofiga qarama-qarshi zaryadli ionlar yig'iladi, granula har doim ma'lum zaryadga ega bo'ladi. Granula va uning atrofidagi qarshi ionlardan iborat sistema mitsella deb ataladi va u elektroneytral bo'ladi. Mitsellani qurshab olgan suyuqlik **intermitsellyar suyuqlik** deyiladi.

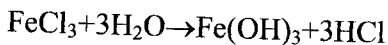
Mitsellyar nazariyaga muvofiq har qanday liofob (gidrofob) kolloid eritma ikki qismdan iborat bo'lib, ularning biri - mitsella bo'lib, ikkinchisi intermitsellyar suyuqlikdir. Mitsellalar alohida kolloid zarrachalar bo'lib, ular zolning dispers fazasini tashkil etadi. Intermitsellyar suyuqlik esa o'sha zolning dispersion muhitidan iborat. Uning tarkibida erituvchidan tashqari yana boshqa erigan moddalar (elektrolit va elektrolitmaslar) mitsella tarkibiga kirmaydigan yoki o'zgarmaydigan birikmalar bo'ladi. Mitsellaning tuzilishini boshqacha qilib quyidagicha tushuntiriladi:

Mitsella – oddiy molekullarga qaraganda ancha murakkab tuzilishga ega. Unda ikki qism - neytral modda - yadro va qo'sh elektr qavatdan iborat sirtqi ionogen qism mavjud. Mitsellaning yadrosi juda ko'p atom yoki molekullardan tarkib topgan neytral modda bo'lib, uni ionlar qurshab turadi. Liofob kolloid eritma tarkibida bo'lgan elektrolit ionlari zolni barqaror qilib turadi, shuning uchun ham ular ionli **stabilizatorlar** deb ataladi. Mitsella yadrosini qarama-qarshi ishoraga ega bo'lgan ionlar qurshab turadi. Bu ionlar ikki yoki bir necha uzoqlikda joylashgan bo'lib, yaqin joylashgan qismi bilan mitsella yadrosi birgalikda kolloid zarracha yoki granulani tashkil qiladi. Granula (kolloid zarracha) ma'lum zaryadga ega bo'ladi, uning ishorasi adsorbsion qavatda joylashgan ion ishorasi bilan belgilanadi. Granula atrofida qarama-qarshi zaryadli ionlar yig'iladi. Lekin bu ionlar zarrachaga zaifroq tortilib turadi va dispersion muhitning bir qismini tashkil etadi. Shunday qilib, **mitsella-granula va uning atrofidagi qarama-qarshi zaryadli ionlardan iborat sistemadir.** Mitsella elektr maydon ta'sir etmagan sharoitda elektroneytral bo'ladi. Uni intermitsellyar suyuqlik qurshab turadi.

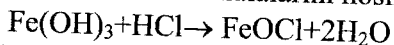
Yuqoridagi nazariya asosida  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zolini hosil qilamiz. Bu zolni hosil qilish uchun temir (III)-xlorid eritmasi issiq holatda gidroliz qilinadi. Reaksiyani olib borishda ikki shartga rioya qilish kerak:

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

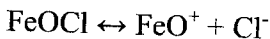
- qo'sh elektr qavat hosil bo'lishi uchun reaksiyaga kirishuvchi moddalardan biri mo'l miqdorda olinadi. Gidroliz reaksiyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:



$\text{Fe}(\text{OH})_3$  ning sirtidagi molekulari  $\text{HCl}$  bilan reaksiyaga kirishib, ionli stabilizator  $\text{FeOCl}$  molekularini hosil qiladi:

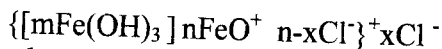


$\text{FeOCl}$  molekulari dissotsilanib,  $\text{FeO}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarni hosil qiladi



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

Temir (III)-gidroksid zoli yadro ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) va uning sirtiga adsorbilangan  $\text{FeO}^+$  va qisman  $\text{Cl}^-$  ionlaridan iborat bo'lib, bu zarracha (granula) musbat zaryadga ega. Grunalada musbat zaryadlar  $\text{Cl}^-$  ionlari bilan neytrallangan emas, shuning uchun  $\text{Cl}^-$  ionlari granulani qurshab oladi, natijada tamomila neytral mitsella hosil bo'ladi:

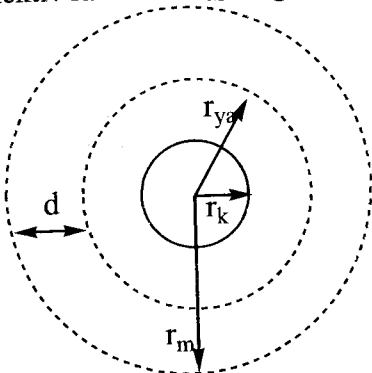


Kolloid zarracha yadrosiga qaysi ion birinchi bo'lib adsorbilanishini bilish uchun qaysi moddadan ortiqcha miqdorda olinganligini bilish lozim.

### 3.4. Mitsella tuzilishining hozirgi zamon modeli

Hozirgi vaqtga qadar Shtern nazariyasidan ko'ra tushunarliroq nazariya mavjud emas. Qarama-qarshi zaryadli ionlar ikkita – zich adsorbsion va diffuzion qavatlardan iborat bo'lib, eritmada zarrachalarning sirpanishi ana shu ikkala qavat chegarasida sodir

bo'ladi. Shuning uchun biz uchta zaryadlangan sferalarni (adsorbsion qavat, diffuzion qavat va ular orasidagi chegara) qarab chiqamiz: Birinchisi –  $Q$  va  $r_{ya}$  parametrlil yadro sirti; Ikkinchisi – radiusi  $r_k$  va zaryadi  $(-Q + x)$  bo'lgan kolloid zarracha sirti; bu yerda  $x$ -diffuzion qavatda qoluvchi qarama qarshi zaryadli ionlarning umumiy zaryadi; Uchinchisi – radiusi  $r$  bo'lgan mitsellaning shartli sirti. Bu sirtning effektiv radiusi  $d=r_m-r_k$  ga teng.



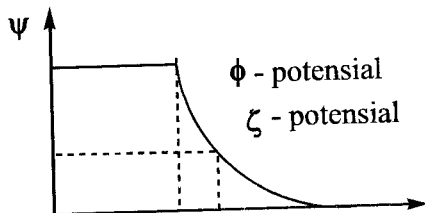
Yadro sirtida standart potensial (fipotensial):

$$\phi_{ya}^0 = \frac{K}{\varepsilon} \left( \frac{Q}{r_{ya}} - \frac{Q-x}{r_k} - \frac{X}{r_m} \right) \equiv \phi$$

Kolloid zarracha sirtida standart potensial (dzeta -potensial):

$$\phi_k^0 = \frac{K}{\varepsilon} \left( \frac{Q}{r_k} - \frac{Q-x}{r_k} - \frac{X}{r_m} \right) \equiv \xi, \quad \xi < \phi$$

Mitsella butunligicha neytral:  $\phi_m^0 = \frac{K}{\varepsilon} \left( \frac{Q}{r_m} - \frac{Q-x}{r_m} - \frac{X}{r_m} \right) \equiv 0$



Dzeta-potensial-kolloid sistemalar barqarorligining muhim agregativ omillaridan biridir. Yuqoridagi ifodalarni  $\xi$ -potensial uchun qayta o'zgartiramiz:

$$\xi = \frac{K}{\varepsilon} \left( \frac{X}{r_k} - \frac{X}{r_m} \right) = \frac{KX}{\varepsilon} \left( \frac{r_m - r_k}{r_k \cdot r_m} \right) = \left[ \frac{d = r_m - r_k}{r_m = d + r_k} \right] = \frac{KX}{\varepsilon \cdot r_k} \cdot \frac{d}{(d + r_k)}$$

Agar  $\frac{d}{d + r_k} = \alpha$  deb belgilasak,  $\xi = \alpha \frac{KX}{\varepsilon \cdot r_k}$ ;  $d = \sqrt{\frac{\varepsilon k_B}{8\pi N_A K C}} \cdot \sqrt{T}$ ,

$x = Q - Q_{zich}$ ;

$q$  – zich qavatdagi qarama-qarshi ionlarning umumiy zaryadi.

Dzeta-potensialga ta'sir etuvchi omillar:

- Diffuzion qavatda qolgan qarama-qarshi zaryadli ionlarning umumiy zaryadi;
- Diffuzion qavat qalinligi;
- Potensial belgilovchi ionlarning miqdori;
- Qarama-qarshi zaryadli ionlarning taqsimlanishi.

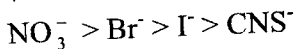
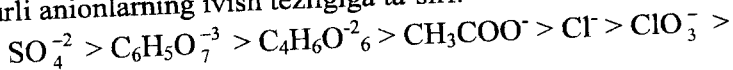
Kristallanish jarayoni turli kolloid sistemalarda turlicha tezlik bilan boradi. V.A.Kargin va Z.Ya.Berestneva olgan natijalarga ko'ra, kristallanish jarayoni oltin zolida (xona temperaturasida) zol tayyorlanganidan 5 minutdan keyin, vanadiy (V)-oksid zolida 1 soatdan keyin, alyuminiy gidroksid zolida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

Kolloid elektrolitlar oddiy elektrolitlar kabi elektr o'tkazuvchanlik qobilyatiga ega. Ularning elektr o'tkazuvchanligi ikkita tarkibiy qismdan tashkil topadi. Biri-kolloid zarrachalarning harakatidan kelib chiqqan elektr o'tkazuvchanlik, ikkinchisi-dispers sistemalardagi elektrolitlar tufayli vujudga keladigan elektr o'tkazuvchanlikdir.

Kolloid zarrachalar orasida yoki polimerlarning makromolekulalari orasida molekulyar tutinish kuchlari ta'sir etishi tufayli ichki strukturalar hosil bo'lishi natijasida o'z oquvchanligini batamom yo'qotgan sistemaga **iviq yoki gel** deyiladi. Kolloid sistemalarda gelga aylanish va polimerlar eritmalarining **ivish jarayoniga**: kolloid zarracha yoki polimer makromolekulasining

shakli va o'lchami; dispers faza va dispersion muhit miqdorlari orasidagi nisbat (ya'ni dispers fazaning konsentratsiyasi); harorat; vaqt; elektrolit qo'shilishi katta ta'sir ko'rsatadi.

Turli anionlarning ivish tezligiga ta'siri:



Strukturalar hosil qilgan sistemaning (gelning) strukturalar hosil qilmagan sistemaga (zolga) izotermik aylanishi **tiksotropiya** deyiladi.



Gelning zolga aylanish jarayoni silkitish, chayqatish, aralashtirish, ultratovush ta'siri natijasida sodir bo'ladi.

Tiksotropik o'zgarishlar vaqtida dispers faza zarrachalari o'zaro birikmaydi ya'ni sistemaning disperslik darajasi o'zgarmaydi.

Gelning o'z-o'zicha 2 qavatga (suyuq eritma va zich gel qavatlariga) ajralish jarayoni **sinerezis** deyiladi.

### 3.5. Dispergatsiya usulining tabiat, texnika va kimyoviy ishlab chiqarishdagi ahamiyati

Kolloid sistemalarni hosil qilishning yuqorida ko'rib chiqilgan usullaridan eng ahamiyatlisi dispergatsiya usulidir. Chunki bu usuldan nafaqat kolloid sistemalarni hosil qilishda balki, tabiatda, texnikada, kimyoviy ishlab chiqarishda keng foydalaniladi. Masalan, bo'yoqlar tayyorlash uchun yuqori disperslikka ega bo'lgan ranglarning kukunlarini tayyorlashda, surkov moylari uchun grafit suspenziyalarini, ko'mir va foydali qazilma rudalarini boyitishda, un mahsulotlarini, hamda oziq-ovqat mahsulotlarini tayyorlashda dispergatsiya katta ahamiyatga ega.

Ma'lumki, dispergatsiya jarayonida zarrachalarni yoki jismni maydalash uchun ish bajariladi.

$$A = K \cdot S$$

Bu ish (A) hosil bo'layotgan zarrachalar sirti (S)ga to'g'ri proporsional. Bu yerda K-moddaning tabiatiga, muhitga va maydalash usuliga tegishli bo'lgan koeffitsiyent. Formuladan

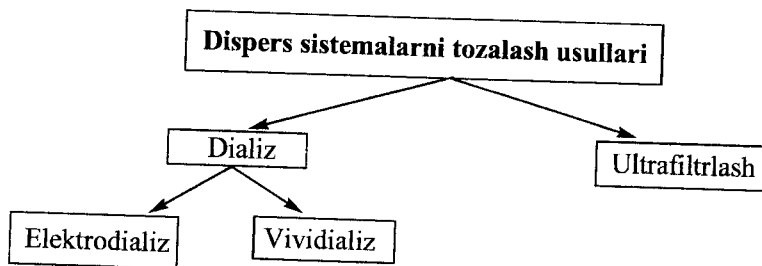
ko‘rinib turibdiki, yirik zarrachalarni qancha ko‘p maydalash kerak bo‘lsa, shuncha ko‘p ish (energiya) sarflanadi. Sarflanadigan ish (energiya) miqdorini kamaytirish uchun qattiq modda (zarracha)ning mustahkamligi qancha kam bo‘lsa, uni maydalash shuncha oson bo‘ladi. Sarflanadigan ish (energiya) qiymati ham kamayadi.

Qattiq moddaning mustahkamligini pasaytiruvchi moddalar jumlasiga suvni ham kiritsa bo‘ladi. Suv ohaktoshning qattiqligini 27%, kvarsning qattiqligini 22% ga pasaytira oladi.

Demak, texnikada qattiq jism mustahkamligini adsorbsiya tufayli pasayishi qoidasidan foydalanib, maydalash uchun sarflanadigan energiya qiymatini kamaytirish hamda kesuvchi (parmalovchi) asboblarni ishlash muddatini oshirish mumkin ekan.

Lekin dispergatsiya usulida hosil bo‘lgan kolloid sistemalarning disperslik darajasi, kondensatsiya usulida hosil qilingan kolloid sistemalarning disperslik darajasidan kichik bo‘ladi.

### 3.6. Kolloid eritmalarini tozalash usullari (dializ, elektrodializ, ultrafiltrlash)



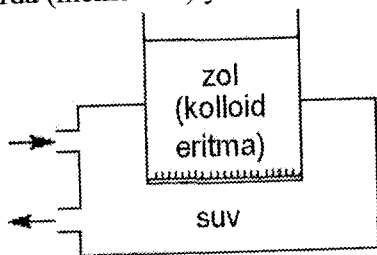
Kolloid eritma hosil bo‘lganda ularning tarkibida dispers fazadan tashqari ortiqcha dispers sistema barqarorligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatuvchi kislota, asos va tuzlar ham bo‘ladi. Kolloid eritma barqaror bo‘lishi uchun bu eritmada ma‘lum miqdorda elektrolitlar ham bo‘lishi kerak. Lekin kolloid eritmasidagi ortiqcha miqdordagi elektrolitlarni yo‘qotish zarur. Kolloid eritmadagi ortiqcha elektrolitni yo‘qotish uchun "dializ", "ultrafiltrlash" "elektrodializ", "ultrasentrifugalash" usullaridan foydalaniladi.

**Dializ.** Oddiy dializator: tagi hayvon pufagi yoki kolloidiy pardadan iborat idish bo‘lib, idishga tozalanishi kerak bo‘lgan kolloid eritma solinadi. So‘ngra bu idish suv solingan boshqa idishga tushiriladi. Idishdagi suv vaqti-vaqti bilan almashtirib turiladi. Kolloidiy parda quyidagicha tayyorlanadi. Biror shisha idishga kolloidiy parda (tarkibiga kiruvchi 11% ga yaqin azot bo‘lgan nitrosellyulozaning spirt bilan efir aralashmasidagi eritmasi) solinadi. So‘ngra idishni aylantirib turib, kolloidiy eritmasidan bo‘shatiladi. Idish devorlarida qolgan kolloidiy eritmasi mumkin qadar tekis tarqalishi kerak. So‘ngra idish to‘nkarilib, uning ichidagi spirt va efir tamomila bug‘languncha kutib turiladi. Efir hidi yo‘qolgandan keyin idish toza suv bilan bir necha marta chayqatiladi. So‘ngra pardaning chetlari ko‘chirilib, parda bilan shisha o‘rtasiga suv quyiladi va hosil bo‘lgan parda shishadan ko‘chirib olinadi.

Hosil qilingan kolloidiy devorlarida (yoki hayvon pufagi devorlarida) juda mayda teshiklar bo‘ladi (ularning diametri 20-30 nm dir). Bu teshiklardan molekula va ionlar o‘ta oladi, lekin kolloid eritmaning zarrachalari o‘ta olmaydi.

Kolloid eritmadagi elektrolitlar diffuziyalanib, parda orqali kolloid eritmadan chiqib ketaveradi. Suvni almashtirish bilan kolloid eritmani istalgan darajada tozalash mumkin. Agar uzoq vaqt dializ qilinsa, u holda kolloid eritmadan qo‘shimchalar chiqib ketish bilan birga, stabilizator ham chiqib ketishi mumkin; bu esa kolloid sistemani koagulyatsiyalanishiga olib kelishi mumkin.

Dializning mohiyati shundan iboratki, bunda kolloid eritma hamda unga aralashgan elektrolitlar toza erituvchidan (suvdan) yarim o‘tkazgich parda (membrana) yordamida ajratiladi.



Rasm. Dializator sxemasi



Shunday pardadan o'ta oladigan molekula va ionlar pardaning har ikki tomonidagi molekular va ionlarning konsentratsiyasi o'rtasida muvozanat hosil bo'lguncha, erituvchi tomonga o'taveradi. Erituvchini vaqti-vaqti bilan yangilab, zolni qo'shimchalardan ma'lum darajada tozalash mumkin. Dializ uchun, odatda, kolloid pardalar hamda asetil-sellyulozadan ishlangan pardalar, sellofan va boshqa materiallardan tayyorlangan yarim o'tkazgich to'siqlar ishlatiladi. Shu bilan bir qatorda tabiiy yarim o'tkazgich pardalar, masalan, cho'chqa yoki mol pufagi ham ishlatiladi.

Yarim o'tkazgich pardadan iborat idishga tozalanishi kerak bo'lgan kolloid eritma solinadi, so'ngra bu idish boshqa suvli idishga tushiriladi. Idishdagi suv doimiy oqim tufayli to'xtovsiz almashib turadi. Mol pufagi yoki boshqa yarim o'tkazgich parda devorlarida juda mayda teshiklar bo'ladi (ularning diametri 20-30 mkm). Bu teshiklardan molekula va ionlar o'ta oladi, lekin kolloid zarracha o'ta olmaydi. Zoldagi elektrolitlar suvda diffuziyalanib, parda orqali kolloid eritmadan chiqib ketaveradi. Suvni almashtirish yo'li bilan kolloid eritmani elektrolitlardan istalgan darajada tozalash mumkin.

Dializni:

- Membrana sirt yuzasini oshirish;
- Tozalanayotgan suyuqlik qatlamini kamaytirish;
- Tashqi suyuqlikni tez-tez almashtirish;
- Haroratni oshirish (diffuziya tezlashadi) bilan tezlashtirish mumkin.

Membranalar agregat holatiga ko'ra;

- Suyuq;
- Qattiq bo'ladi.

Membranalarning xarakteristikalar:

Solishtirma unumdorlik 
$$Q = \frac{V}{S \cdot \tau} \left[ \frac{dm^3}{m^2 \cdot soat} \right]$$

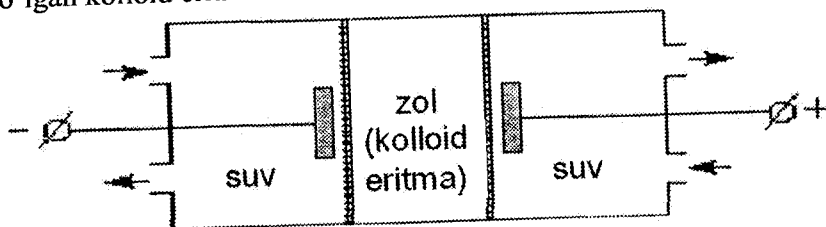
Ushlab turish xususiyati 
$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100$$

Ajratish koeffitsiyenti

$$\alpha = \frac{Y_A / Y_B}{X_A / X_B}$$

**Elektrodializ.** Bu usuldan sanoatda jelatina, yelim va hokazolarni tozalashda keng foydalaniladi.

**Kolloid eritmalarni elektrodializ usulida tozalash.** Elektrodializda dializ elektr toki yordamida tezlatiladi. Ikki membrana  $M_1$  va  $M_2$  oralig'iga elektrolitlardan tozalanishi lozim bo'lgan kolloid eritma solinadi.

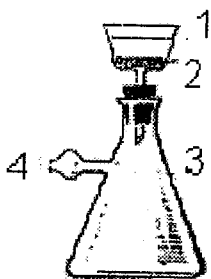


Rasm. Elektrodializator sxemasi

Membranalar tushirilgan idishning bir chekkasiga katod, ikkinchi chekkasiga anod o'rnatiladi. Idish orqali elektr toki o'tkazilganda musbat ionlar katodga, manfiy ionlar esa anodga tomon harakat qiladi. Ular membranadan o'tib, idishning elektrodlar tushirilgan qismiga yig'ila boshlaydi. Tozalangan zol esa idishning ikki membrana o'rtasidagi qismida qoladi.

**Ultrafiltrlash.** Kolloid eritmalarni yarim o'tkazgich membranalar orqali filtrlanishiga ultrafiltrlash deyiladi. Ultrafiltrlash voronkasimon idishdan iborat bo'lib, uning keng tomoniga kolloididan tayyorlangan membrana o'rnatilgan.

Teshiklarning o'lchami kolloid zarracha o'lchamidan kichik bo'lgan filtrlardan foydalanib kolloid eritmani elektrolitdan tozalash mumkin. Ultrafiltr Byuxner (1) voronkasi, membrana (2), Bunzen kolbasi (3) va nasosdan (4) iboratdir.



Rasm. Ultrafiltr.

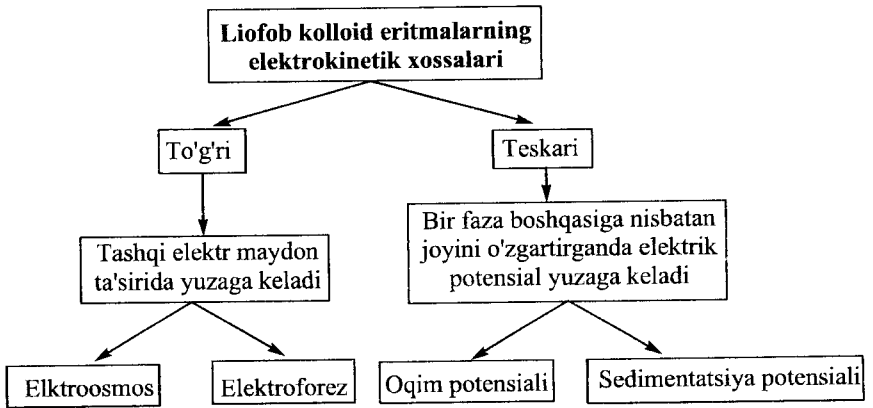
1-Byuxner voronkasi; 2-membrana; 3-Bunzen kolbasi; 4-nasos.

Filtrlashni tezlatish uchun voronkaning tor qismi vakuum nasosga ulanadi. Har xil o'lchamdagi teshiklarga ega bo'lgan yarim o'tkazgich membrana filtrlar ishlatib, kolloid eritmani elektrolitlardan, shuningdek, bir zolni ikkinchi zoldan ajratish mumkin. Buning uchun membrana teshiklarining diametri bir zol zarrachasidan katta, ikkinchi zol zarrachasidan kichik bo'lishi kerak.

**Ultrasentrifugalash.** Bu usuldan kolloidlarni tozalash va fraksiyalarga ajratishda keng foydalaniladi. 1913-yili A.V.Dumanskiy kolloid zarrachalarni sentrifuga yordamida cho'ktirib, ajratib olish mumkinligini ko'rsatib berdi. Bu usulni takomillashtirib, Svedberg hozirgi zamon ultrasentrifugasini (minutiga 60000 marta aylanadi) yaratishga muvaffaq bo'ldi. Zamonaviy ultrasentrifuga bilan faqat gidrofob kolloid zarrachalargina emas, balki oqsil va boshqa yuqori molekulyar moddalarni ham cho'kmaga tushirish mumkin bo'ladi.

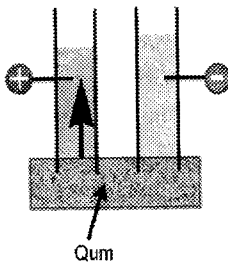
# IV. KOLLOID SISTEMALARNING ELEKTR XOSSALARI

## 4.1. Elektroforez va elektroosmos. Elektrokinetik hodisalarning ahamiyati

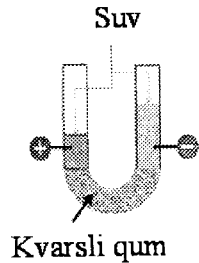


### Elektrokinetik hodisalar

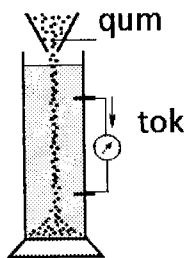
a) elektroforez



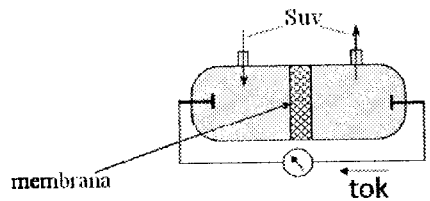
b) elektroosmos



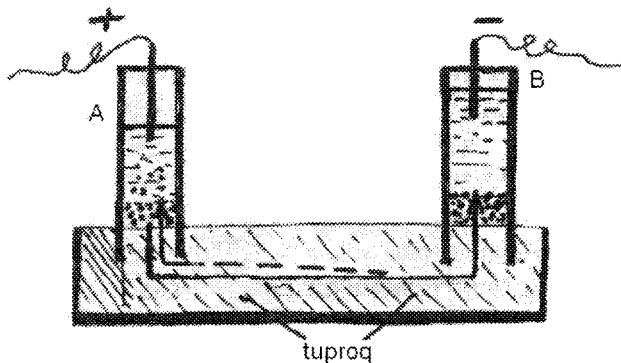
d) sedimentatsiya potentsiali



e) oqim potentsiali



Kolloid zarrachalar ma'lum bir zaryadga ega bo'lganligi uchun kolloid eritmaga tashqaridan elektr toki berilganda zarrachalar biror elektrodga tomon harakat qiladi: manfiy zarracha musbat elektrodga, musbat zarracha manfiy elektrodga tomon boradi. Kolloid zarrachalarning tashqi elektr maydon ta'sirida harakat qilish hodisasi *elektroforez* yoki *katoforez* deyiladi.



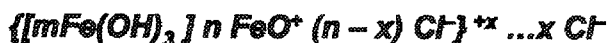
*Reyss tajribasining sxemasi*

Bu hodisani 1807-yilda Moskva universitetining professori Reyss birinchi bo'lib kashf etgan. Reyss bir parcha loyga ikki nayni o'rnatib, bu naylarga tozalab yuvilgan qum soldi va ikkala nayga bir xil balandlikda suv quydi. So'ngra bu suvga o'sha vaqtda elektrning birdan bir manbai bo'lgan Volt ustuni elektrodlarini tushirdi. Tok yuborilgandan bir oz vaqt o'tgach, musbat elektrod tushirilgan naydagi suv loyqalanadi: loy zarrachalari sekin asta ko'tarilib, suvda suspenziya hosil qila boshladi. Lekin shu bilan bir vaqtda bu naydagi suv kamaya bordi, manfiy elektrod tushirilgan nayda esa suv ko'tarila boshladi. Reyss bu tajribasi bilan loy zarrachalari manfiy zaryadli ekanligini isbotladi. Shu yo'l bilan elektroforez usulida zarrachalarning zaryadlarini aniqlash mumkin bo'ldi.

Reyss tajribasida biz ikki hodisani ko'ramiz: bulardan biri loy zarrachalarining musbat elektrod tomon harakati bo'lsa, ikkinchisi suyuqlikning manfiy elektrod tomon harakatlanishidir. Suyuqlikning elektr maydonida g'ovak jism orqali elektrodlar tomon harakat qilishi *elektroosmos* deyiladi. Elektroosmos yo'nalishiga qarab

suyuqlik zaryadi ishorasini aniqlash mumkin. Rus olimlari I.Jukov va B.Nikolskiy elektroosmos hodisasidan foydalanib suvni tozalash usulini topdilar.

## Elektrolizda kolloid zol granulasining katodga tomon siljishi



Dispers sistemalarda uchraydigan elektrokinetik hodisalar jumlasiga elektroforez va elektroosmosdan tashqari "cho'kish potentsiali" ya'ni (Dorn effekti) va "oqib chiqish potentsiali" yoki Kvinke effekti ham kiradi.

Bu to'rtta elektrokinetik hodisalar kolloid kimyoning o'zida ham katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Kolloid sistemaning dzeta-potentsiali kattaligi ayni sistemaning agregativ barqarorligi uchun xarakteristika bo'la oladi.

*Elektroforezda dispers faza zarrachalarining harakat tezligi, elektroosmosda esa dispers muhitning harakat tezligi elektr maydon kuchlanganligi  $E$  ga va dispersion muhitning dielektrik o'tkazuvchanligi ( $\epsilon$ ) ga to'g'ri, muhitning qovushqoqligi ( $\eta$ ) ga teskari proporsional bo'ladi.*

Elektroforez va elektroosmos tadqiqot ishlarida va amaliyotda katta ahamiyatga ega. Masalan, oqsillarni tahlil qilishda va ajratishda elektroforez hodisasidan, g'ovak sistemalardan namni yo'qotishda elektroosmos hodisalaridan keng foydalaniladi.

Elektroosmos hodisasi –torfning va daraxtlarning qurishini tezlatishda, terini oshlashda, zollarning dispersion muhitini tozalashda, turli kompozitsiyalarda materiallarni quritishda ishlatiladi.

1859-yilda Kvinke elektroosmosga teskari hodisani (elektrodlarda potentsiallar farqi hosil bo'lishini) aniqladi va uni **oqim potentsiali** deb nomladi.

Kvinke potentsiallar farqi yuzaga kelishini suv va suvli eritmalarning turli xil g'ovak materiallar (tuproq, daraxt, qum, grafit va boshqalar) dan oqib o'tishida kuzatdi. Bu hodisa tirik organizmlar uchun ham xos. Masalan, arteriyalarda qon harakatlanganda kamgina oqim potentsiali ( $\sim 0,001$ – $\sim 0,002$ B) paydo bo'ladi. Elektrokardiogrammalarda kuzatiladigan to'liqlardan biri oqim potentsial bilan tushuntiriladi.

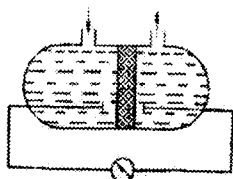
Oqim potentsiali yuzaga va diafragmaning qalinligiga bog'liq, oqib o'tayotgan suyuqlikning miqdoriga bog'liq emas, balki oqimni ushlab turuvchi bosimga bog'liq bo'lib, u quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$E_T = \frac{P \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \xi}{\eta \cdot \chi}$$

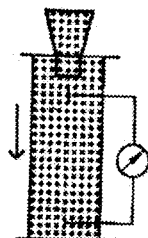
Elektroosmosda oqim potentsiali suyuqlik harakatining hajmiy tezligi bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi:

$$E_T = \frac{P \cdot v}{I}$$

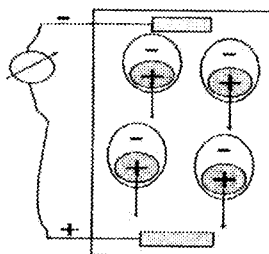
1878-yilda Dorn elektroforezga teskari hodisani ochdi va uni **sedimentatsiya (cho'kish) potentsiali** deb nomladi.



Oqim potentsialining yuzaga kelish sxemasi



Sedimentatsiya potentsialining yuzaga kelish sxemasi

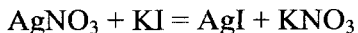


Cho'kish potentsiali

**Sedimentatsiya potentsiali** – idishda turli balandlikda joylashtirilgan elektrodlarda potentsiallar hosil bo'lish hodisasi bo'lib, bu dispers faza zarrachalarining cho'kishiga olib keladi. Shunday qilib, potentsiallar farqi zarrachalar harakati natijasida yuzaga keladi.

Elektroosmos, elektroforez, oqim potentsiali va sedimentatsiya potentsiallari hodisalari umumiy nom bilan elektrokinetik hodisalar deyiladi.

Dispers sistemada qattiq zarrachaga elektrolit ionlarining tanlab adsorbilanishi natijasida ma'lum tuzilishga ega bo'lgan qo'sh elektr qavat (QEQ) paydo bo'ladi.

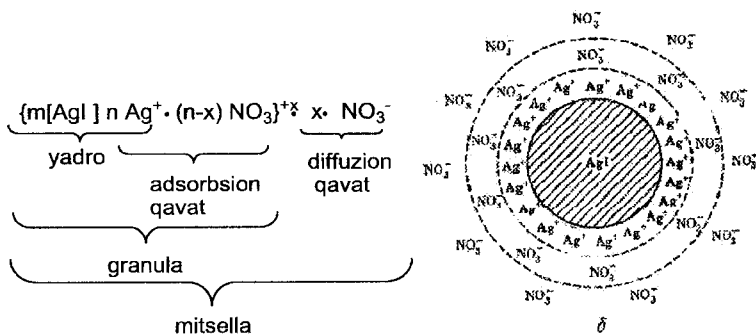


Reaksiya bo'yicha mayda dispersli AgI cho'kmasini olishda stabilizatsiya (barqaror) qilish uchun dastlabki moddalar (elektrolitlar) dan biri mo'l miqdorda olinadi. Bu vaqtda ortiqcha olingan elektrolit ionlaridan biri ya'ni AgI cho'kmasi tarkibiga kiruvchi  $\text{Ag}^+$  ( $\text{AgNO}_3$  mo'l miqdorda olinganda) yoki  $\text{I}^-$  (KI mo'l miqdorda olinganda) ionlaridan biri AgI cho'kmasi sirtiga adsorbilanadi. **Mo'l miqdorda adsorbilangan ion potentsial belgilovchi (aniqlovchi) ion deyiladi** va ular qo'sh elektr qavatning ichki qismini tashkil etadi. Buni yaxshiroq tushuntirish uchun AgI zolining 2 xil holatda ya'ni,  $\text{AgNO}_3$  mo'l olinganda va KI mo'l miqdor olingandagi tuzilishlarini ko'rib chiqamiz:

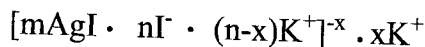


Mitsellaning formulasi:

Agar reaksiya uchun kumush nitrat eritmasi ortiqcha miqdorda olinsa musbat zaryadli zarracha hosil bo'ladi:





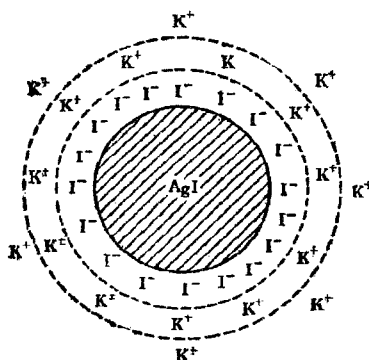
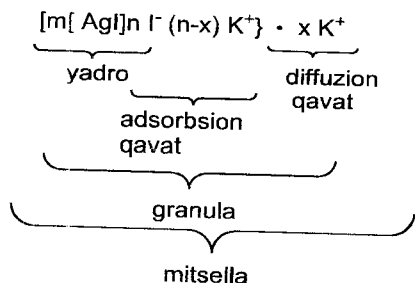
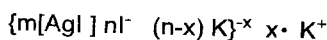


potensial  
aniqlovchi  
ion

Bu vaqtda  $[mAgI \cdot nI^-]$  bilan  $(n-x)K^+$  ionlari o'rtasida qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi.

Mitsellaning formulasi:

Kaliy yodid ortiqcha miqdorda olinganda hosil bo'ladigan kolloid zarrachalarning tuzilishini quyidagicha yozish mumkin:



Qo'sh elektr qavatning bo'lishi bir tomondan dispers sistemalarda elektrokinetik hodisaning bo'lishi bilan, ikkinchi tomondan, dispers sistemada zarrachalarning majburiy siljishi yoki suyuqlikda elektr maydoni paydo bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Agar mitsellyar eritma orqali doimiy tok o'tkazilsa  $AgNO_3$  mo'l miqdorda olinganda hosil bo'lgan kolloid zarracha katodga,  $KI$  mo'l miqdorda olinganda hosil bo'lgan kolloid zarracha anodga tomon harakatlanadi. Bu hodisa **elektroforez** deyiladi.

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

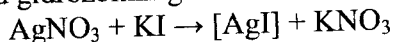
## 4.2. Elektrokinetik hodisalar

Elektr maydonida bir fazaning boshqa fazaga nisbatan siljishi (joyini o'zgartirishi) natijasida fazalararo chegarada potentsiallar ayirmasi yuzaga keladi. Potentsiallar ayirmasi mitsella-eritma chegarasida qo'sh elektr qavat mavjudligi tufayli hosil bo'ladi. Qo'sh elektr qavatning hosil bo'lishi quyidagi omillar bilan tushuntiriladi:

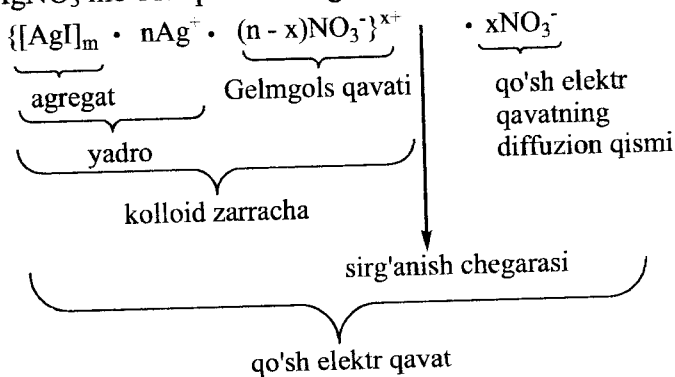
- Qattiq jism sirtida uning suyuqlik bilan kontakti tufayli ortiqcha elektr zaryad yuzaga keladi;
- Ortiqcha zaryad eritmadagi qarama-qarshi zaryadli ionlar bilan kompensatsiya qilinadi va qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi;
- Qo'sh elektr qavat sirt energiyaning minimumga intilishi hisobiga o'z-o'zidan hosil bo'ladi.

Qarama-qarshi zaryadli ionlar qatlami ikki qismdan tarkib topgan deb hisoblash qabul qilingan bo'lib, ulardan biri adsorbsion qism (zich yopishib turgan qavat)- Gelmgols qavati; ikkinchisi esa diffuzion qism bo'lib, sirt yaqinida elektrostatik kuchlar hisobiga ushlab turiladi.

Ana shu ikki qavatlar orasida sirg'anish (sirpanish) chegarasi joylashgan. Kumush nitrat eritmasiga kaliy yodid, eritmasini ta'sir ettirib, kumush yodid gidrozolining olinishini ko'rib chiqamiz:



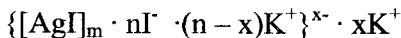
$\text{AgNO}_3$  mo'l miqdorda olinganida



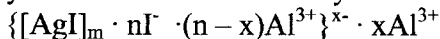
Qo'sh elektr qavatning tuzilishiga elektrolitlar ta'sir ko'rsatishi mumkin. Mitsella kristallariga ta'siriga ko'ra elektrolitlar 2 xil bo'ladi:

- Indifferrent;
- Noindifferent.

**Indifferent elektrolitlar** sirt yuzaga xemosorbsiyalanmaydi va potensial belgilovchi ion bo'la olmaydi hamda  $\varphi$  potensial o'zgarmaydi. AgI kristallariga nisbatan  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  lar ana shunday elektrolitlar hisoblanadi. Natriy yoki kalsiy ionlarining kiritilishi sirt yuzadan uzoq bo'lmagan masofada sirt yuzasidagi manfiy zaryadlar kompensatsiyalanadi va oldingiga nisbatan qo'sh elektr qavatning siqilishiga olib keladi va  $\zeta$ -potensial o'zgaradi. Masalan, kumush yodid zarrachalaridan iborat kolloid eritma



ga qarama-qarshi ionning zaryadi katta bo'lgan elektrolit, masalan,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  qo'shilsa, kolloid zarrachaning qayta zaryadlanishi sodir bo'ladi. Manfiy zaryadli zarracha musbat zaryadlanadi:



$\zeta$  – potensialning qiymati ham o'zgaradi: manfiydan musbatga o'tadi.

**Noindifferent elektrolitlar** – sirt yuzaga sorbsiyalana oladi, ular potensial belgilovchi ion bo'lishi mumkin va termodinamik potensial ( $\varphi$ ) kattaligi o'zgaradi. AgI kristallariga nisbatan KI ana shunday elektrolit hisoblanadi. Bu vaqtda yodid ionlarining konsentratsiyasi ortadi va sirt potensialining qiymati yanada manfiyroq qiymatga ega bo'ladi.

### 4.3. Qo'sh elektr qavatning tuzilishi

Qo'sh elektr qavat hosil bo'lishi haqida quyidagi nazariyalar mavjud:

- Gelmgols-Perren nazariyasi (1879);
- Gui-Chepmen nazariyasi (1910-1913);
- Shtern nazariyasi (1924).

Qo'sh elektr qavatning hosil bo'lishi haqida taklif etilgan mexanizmlardan birinchisi ion yoki elektronlar tarzidagi zaryadning

1 fazadan 2-fazaga o'tishidan iborat. Masalan, gaz faza bilan chegaralanib turgan metall o'z ionlarini gaz fazaga bera oladi.

Metalldan elektronning chiqib ketish intensivligi harorat ortgan sari ortadi. Bu hodisa *termoelektronemissiya* deyiladi. Uning oqibatida metall musbat zaryadga, gaz faza manfiy zaryadga ega bo'lib qoladi. Chegara sirtida hosil bo'lgan elektr potensial elektronlarning metalldan yanada chiqib ketishiga qarshilik ko'rsatadi va sistemada muvozanat qaror topadi. Gaz fazada metall sirtidagi musbat zaryadga teng manfiy zaryad paydo bo'ladi; binobarin qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi. Bir xil zaryadli ionning bir fazadan 2-fazaga ko'proq o'tishi natijasida qo'sh elektr qavat hosil bo'lishi uchun suvda kam crydigan AgI cho'kmasi bilan suv orasidagi sirt qavat misol bo'ladi.

Qo'sh elektr qavat hosil bo'lishining ikkinchi mexanizmi qattiq faza tarkibiga kirmaydigan ionlarning fazalararo sirtga tanlanib adsorbilanishidan iborat. Bu holda sistemaga aralashib qolgan qo'shimcha moddalar tarkibidagi ionlar adsorbilanadi. Masalan, metall-suv sistemasiga NaCl eritmasi qo'shilsa, metall sirtiga xlorid ionlar tanlab adsorbilanadi.

Qo'sh elektr qavatining hosil bo'lishi haqidagi ta'limotni birinchi bo'lib olimlardan Kvinke (1859) yaratgan, Gelmgols (1879) ishlarida bu ta'limot rivojlandi. Elektrolitik dissotsilanish nazariyasi rivojlanishi va ionlar haqidagi tushuncha kiritilgandan keyin Gui (1910) qo'sh elektr qavatiga doir yangicha nazariya yaratdi. Keyinchalik, qo'sh elektr qavat haqidagi nazariya Shtern (1924) ishlarida yanada mukammal rivoj topdi. Qo'sh elektr qavat tuzilishini tushuntirishda barcha mualliflar quyidagi umumiy tushunchalardan kelib chiqishgan: Qo'sh elektr qavat liozol dispers sistemada qattiq faza (potensial aniqlovchi ionlar) bilan mustahkam bog'langan bir xil zaryadlangan ionlardan va fazalar orasidagi yuza suyuq dispers muhitdagi ekvivalent miqdordagi qarama-qarshi zaryadlangan qarshi ionlar miqdoridan iborat. Qattiq faza yuzasidagi zaryad birinchi yaqinlashishida yuza zaryad deb qaraladi va u yuza bo'yicha tekis tarqalgan bo'ladi.

Dispersion muhit doim uzluksiz faza deb tassavur qilinadi va qo'sh elektr qatlamiga ta'siri faqat uning dielektrik o'tkazuvchanligi bilan aniqlanadi.

**Gelmgols–Peren nazariyasi.** Bu nazariyaga ko'ra qo'sh qavat yassi kondensator sifatida tasavvur qilinib, uning bir qismi bevosita qattiq tana (devor) yuzasi bilan bog'langan, boshqa qismi, ya'ni qarshi zaryadlangani esa suyuqlikda birinchisidan juda oz farq qiladigan masofada joylashgan bo'ladi. Bunday qavatda potensial xuddi yassi kondensatordagidek juda tez tushishi kerak va yuza zaryad  $\sigma$  quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{4\pi\delta} \varphi_0$$

bu yerda  $\varepsilon$  – kondensator plastinkalari orasidagi bo'shliqni to'ldirib turgan muhitning absolyut dielektrik o'tkazuvchanligi,  $\varphi_0$  – dispers faza va eritma orasidagi farqlanuvchi potensial,  $\delta$  – kondensator plastinkalari orasidagi masofa.

Quyida keltirilgan qo'sh elektr qavatining tuzilish sxemasi elektrokinetik hodisalarning ko'p xususiyatlarini tushuntirib bera olmaydi.

Hozirgi kunda bu nazariya kolloid kimyoda faqat tarixiy ahamiyatga ega.

#### ***Gelmgols-Perren nazariyasining kamchiliklari:***

- Sirg'anish chegarasi molekulyar o'lchamga nisbatan sirtan ancha uzoq masofada joylashgan deb hisoblangan;

- Bu nazariyaga ko'ra  $\xi = \varphi$ , ammo tajriba natijalariga ko'ra  $\xi < \varphi$ ;

- Bu nazariyaga ko'ra indifferent elektrolitlarning ishtiroki  $\varphi$  va dzeta-potensialga ***indifferent elektrolitlar ishtiroki*** ta'sir ko'rsatmaydi, ammo dzeta-potensialga kuchli darajada ta'sir etadi.

**Gui–Chepmen nazariyasi.** Gui (1910 y) va Chepmenning (1913 y) bir-biridan bexabar holda, qo'sh elektr qavatining tuzilishini ya'ni qarshi ionlarning diffuzion qavat nazariyasini taklif qilishlari kimyoda katta qadam bo'ldi. Bu nazariya Gelmgols–Peren nazariyasining ko'p xatoliklarini to'g'riladi. Gui–Chepmenning nazariyasiga ko'ra qarshi ionlar faqat fazalararo yuzada joylashgan

bo'lmadan, suyuq fazada biror bir masofada tarqoq holda joylashgan bo'ladi. Qo'sh qavatning bunday tuzilishi bir tarafdan, qattiq fazadagi o'ziga ekvivalent miqdordagi qarama-qarshi zaryadlangan ionlarning mumkin qadar devoriga tortuvchi elektr maydon bilan, ikkinchi tarafdan esa issiqlik harakati tufayli harakatlanuvchi qarama-qarshi ionlarning suyuq fazaning butun hajmi bo'yicha tarqalishi bilan ifodalanadi.

Fazalararo chegaralar yaqinida bevosita elektr maydon yuqorilik qiladi. Fazalararo chegaradan bu kuchni olib tashlansa bu maydon kuchi asta-sekinlik bilan kuchsizlanib boradi va issiqlik harakati tufayli qo'sh qavatdagi qarshi ionlarning kuchliroq tarqalishi bilan namoyon bo'ladi. Buning natijasida qarshi ionlar konsentratsiyasi kamayib, suyuq faza tubida mavjud bo'lgan ionlar konsentratsiyasi bilan tenglashadi. Shunday qilib, qattiq faza bilan bog'langan qarshi ionlarning diffuzion qavatining muvozanati yuzaga keladi. Bu diffuzion qavatning dinamik muvozanatidir.

Boshqa tomondan, potensial aniqlovchi devor orqali adsorblangan ionlar kabi suyuqlikdagi shu ishorali ionlar ham elektr kuchlari ta'sirida qattiq fazadan uzoqlanib, eritma tubiga cho'ka boshlaydi. Bu holat qo'sh elektr qatlamining diffuzion qismida potensial aniqlovchi va qarshi ionlarning taqsimlanishiga olib keladi.

Gui va Chepmen tomonidan taklif qilingan nazariya ba'zi elektrokinetik hodisalarni tushuntirishga yordam beradi. Masalan, nima uchun elektrokinetik potensial noldan farqli va potensiallarning umumiy oshishiga teng emas; nima uchun turli omillar elektrokinetik potensial va umumiy potensiallarga turli xil ta'sir ko'rsatadi.

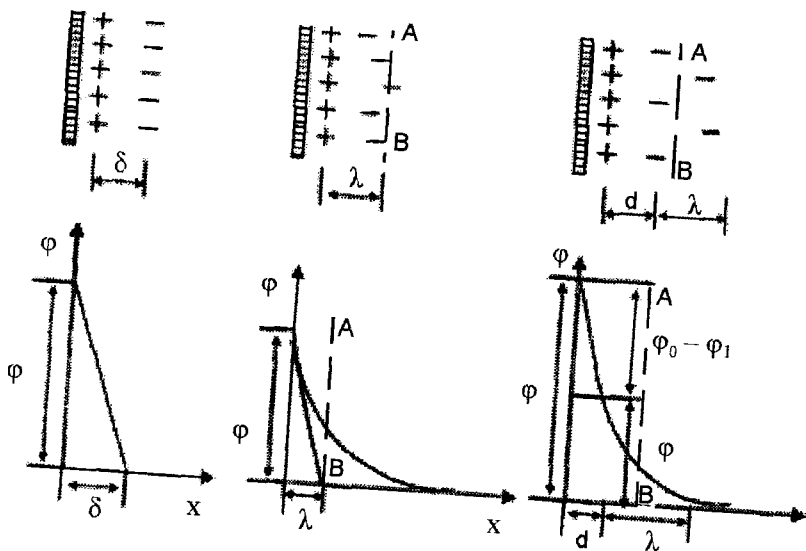
Lekin, bu nazariyada ham kamchiliklar bor. Bu nazariyaga ko'ra bir xil valentlikka ega bo'lgan ekvivalent miqdordagi turli qarshi ionlarning kiritilishi, qo'sh elektr qavatining siqilishiga va  $\zeta$ -potensialning bir xil darajada pasayishiga olib kelishi kerak. Lekin tajribalar bunday emasligini ko'rsatadi. Qo'sh elektr qavatiga bir xil valentli ionlarning ta'siri ion radiusi oshishi bilan o'sib boradi. Xullas, Gui-Chepmen nazariyasini suyultirilgan kolloid eritmalar uchun qo'llash mumkin, lekin boshqa konsentrlangan eritmalar

qo'llab bo'lmaydi. Bunday barcha kamchiliklar Shtern nazariyasi orqali yechimini topdi.

Xulosa qilib aytganda, Gui va Chepmen nazariyasiga ko'ra qo'sh elektr qavat hosil bo'lishining sababi bir tomondan qarama-qarshi zaryadlarni ikki qavat shaklida yig'ishga intilgan elektrostatik tortishuv kuchi va ikkinchi tomondan, ionlarni suyuqlik ichida tarqatuvchi Broun harakati kuchining borligidir.

Bu nazariyaga muvofiq qattiq faza sirtidagi elektr qavat o'ziga ekvivalent miqdorda eritmadan qarama-qarshi ishorali zaryadlarni tortib olib, mono ion qavat hosil qilishga intiladi, lekin suyuqlik ichidagi issiqlik harakati bu ionlarni eritma hajmiga tarqatib turadi. Shu sababli qattiq fazaga bevosita yaqin joyda qarama-qarshi ionlar konsentratsiyasi eng yuqori qiymatga ega bo'ladi. Qattiq fazadan uzoqlashgan sari qarshi ionlarning konsentratsiyasi kamaya boradi.

**Shtern nazariyasi.** 1924-yilda Shtern qo'sh elektr qavatning tuzilish sxemasini taklif qildi. U bu sxemada Gelmgols-Peren va Gui-Chepmen sxemalarini birlashtirdi.



Shternning fikriga ko'ra, birinchi yoki bir necha dastlabki qarshi ionlar qavatini devorga elektrostatik va adsorbsiya kuchlari orqali tortiladi. Buning natijasida ba'zi qarshi ionlar 1–2 molekular oralig'ida juda yaqin masofada,  $\delta$  qalinligida yassi kondensator hosil qilib, Gelmgols–Peren nazariyasiga muvofiq, sirt-yuzada joylashadi. Bu elektr potensial juda keskin tushgan qavatni ba'zi bir mualliflar Gelmgols, boshqalari Shtern, uchinchilari esa adsorbsiyalangan qavat deb atashadi. Qo'sh elektr qavatning potentsiali nisbatan sekin tushadigan qismini ba'zan Gui qavatini deyishadi.

Elektrolitlar sistemaga kiritilganda, diffuzion qavat siqila boshlaydi va ko'proq qarshi ionlar adsorbsiyalangan qavatga o'ta boshlaydi. Sistema suyultirilganda esa aksincha, diffuzion qavat kengayadi va  $\zeta$ -potensial o'sib boradi.

Qo'sh elektr qavatda ionlarning tarqalishiga, Shtern nazariyasiga ko'ra, qarshi ionlarning tabiati kuchli ta'sir ko'rsatadi. Agar qarshi ionlar turli valentlikka ega bo'lsa, diffuzion qavatning qalinligi va qarshi ionlarning adsorbsiyalangan qavatdagi soni ionlarning valentligi bo'yicha aniqlanadi va bu elektrostatik kuchlar bilan belgilanadi.

Agar qarshi ionlar bir xil valentlikka ega bo'lsa, qo'sh elektr qavatning qalinligi va diffuzion qavatdagi qarshi ionlar soni spetsifik adsorbsiyalanish xususiyatiga ega bo'lgan ionlar bilan ularning qutbligi va gidratatsiyasi orqali aniqlanadi.

Ionlarning bu xossalari ularning haqiqiy radiusi bilan yoki D.I. Mendeleyev davriy jadvalidagi joylashgan o'rni bilan aniqlanadi.

Ionning kuchli qutblanishi, albatta qo'sh elektr qavatining qalinligining kamayishiga olib keladi, chunki qattiq faza va induksion dipol o'rtasida qo'shimcha adsorbsion kuchlar hosil bo'ladi va bundan tashqari, ion yuzaga yaqin kelishi mumkin. Ionning deformatsiyalanishi uning o'lchamlari bilan birga o'sib boradi va anionlarning radiusi kationlar radiusiga nisbatan katta bo'lganligi uchun anionlarning qutbliligi kationlar qutbliligidan ko'p bo'ladi. Bu hodisa nima sababdan tabiatda yuzaning manfiy zaryadi musbat zaryadiga nisbatan ko'p uchrashini tushuntirib beradi.



Ma'lumki, ionlarning gidratlanishi haqiqiy ion radiuslari ortgani sari kamayadi. Ionlar gidratlanishining kamayishi qo'sh elektr qavatining siqilishiga olib keladi, chunki gidrat qobiq qarshi ionlar va qattiq faza yuzasidan elektrostatik ta'sirlarni kamaytiradi.

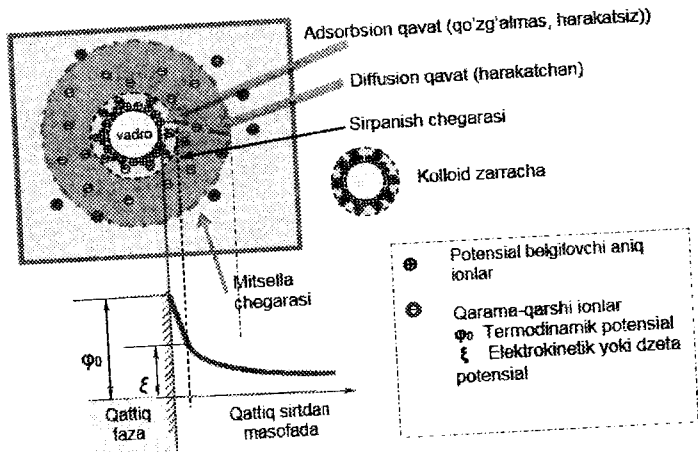
Shtern nazariyasi Gui-Chepmenning nazariyasiga qaraganda tajriba natijalariga ko'proq mos keladi. Ionlarning o'lchami va adsorbsion potensial tushunchalarining kiritilishi sababli, bu nazariya turli elektrolitlarning qo'sh elektr qavat va elektrokinetik potensialga ko'rsatadigan turli ta'sirlarning spetsifik xususiyatlarini tushuntirib berdi. Albatta, shuni ta'kidlash lozimki, bu nazariya mukammal emas, chunki unda juda ko'p noaniqliklar, masalan, adsorbsion potensialning konsentratsiyaga bog'liq emasligi tushirib qoldirilgan.

Kolloid zarrachalarning sirti katta bo'lgani uchun ionlarni adsorbsiyalash qobiliyati yuqori bo'ladi. Adsorbilangan shu ionlar kolloid eritmalarining barqarorligiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatadi. Suyuqlik qattiq zarrachaga nisbatan (yoki zarracha suyuqlikka nisbatan) harakat qilganda qo'sh elektr qavatning adsorbsion va diffuzion qavatlari chegarasida *elektrokinetik potensial* vujudga keladi. U dzeta ( $\xi$ ) harfi bilan belgilanadi va *dzeta-potensial* deb yuritiladi.

Dzeta potensial qo'sh elektr qavatning muhim xarakteristikasi bo'lib, u dispers faza va dispersion muhitlarning harakat intensivligini va imkoniyatlarini belgilaydi.

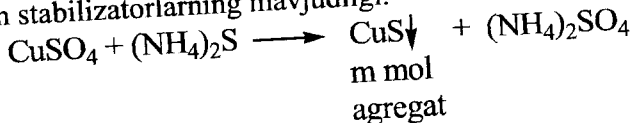
Elektrokinetik potensialdan tashqari yana termodinamik potensial ham mavjud. *Termodinamik potensial qattiq zarracha sirti bilan suyuqlik ichidagi umumiy potenciallar ayirmasini ko'rsatadi.*

Elektrokinetik va termodinamik potenciallar bir-biridan nima bilan farq qilishini tushinib olish qiyin emas.

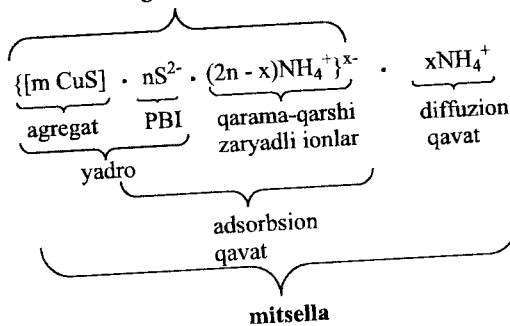
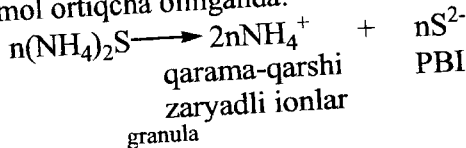


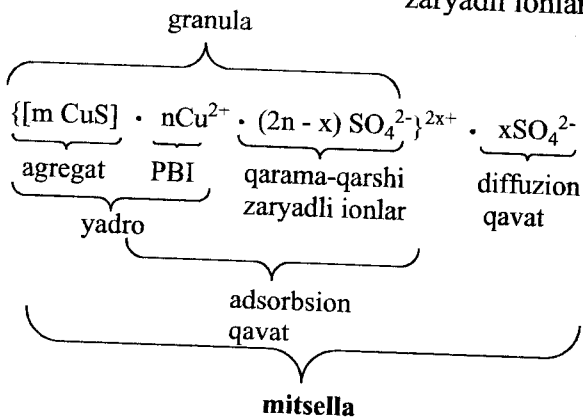
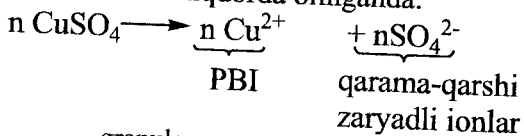
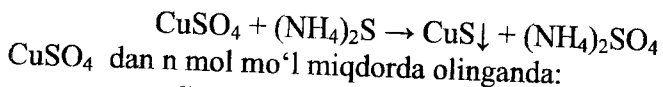
### Zolning olinish sharoitlari:

- Dispers fazaning dispersion muhitda yomon erishi ya'ni fazalar chegara sirtining bo'lishi;
- Zarrachalarning o'lchami  $10^{-7} - 10^{-9}$  m (1 – 100 nm) bo'lishi;
- Ion stabilizatorlarning mavjudligi.



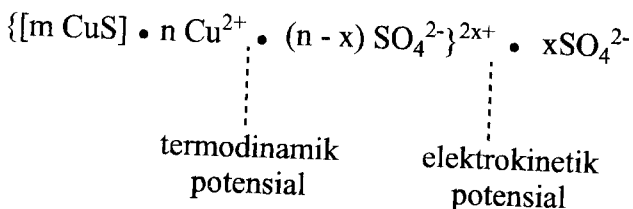
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$  dan n mol ortiqcha olinganda:





**Misellada 2 xil potensial sakrash kuzatiladi:**

- Termodinamik;  $\varphi \approx 1\text{V}$
- Elektrokinetik;  $\zeta = 0,1\text{V}$



Adsorbsion qavat bilan diffuzion qavat chegarasidagi potensial kattaligi ( $\xi$ -potensial) elektrokinetik potensialni ko'rsatadi.

Elektrokinetik potensial dispers sistemalarning barqarorligini aniqlovchi belgilardan biri bo'lib, unga tashqi sharoitning ta'siri barqarorlikning kamayishiga yoki oshishiga sababchi bo'ladi.

Agar fazalar orasidagi potensial farqi  $\varphi$ ; zich qismida potensial sakrash  $\varphi_0$ ; diffuzion sohada potensial sakrash  $\varphi_1$  bo'lsa, u holda  $\varphi = \varphi_0 + \varphi_1$  bo'ladi.

Qo'sh elektr qavatning harakatchan (diffuzion) va harakatchan bo'lmagan (adsorbsion) qismlari orasidagi potentsiallar farqi elektrokinetik potensial yoki dzeta potensial deyiladi. Suyultirilgan eritmalarda dzeta-potensial  $\varphi_1$  qiymatiga yaqin bo'ladi.

Konsentrlangan eritmada va boshqa sharoitlarda masofa o'zgarishi bilan potensial keskin o'zgaradi. Shuning uchun dzeta-potensial va  $\varphi_1$  larning tengligi kuzatilmaydi.

### ***Qo'sh elektr qavat haqida hozirgi zamon qarashlari:***

- Qo'sh elektr qavatni potensial aniqlovchi ionlar bilan dispersion muhitdagi qattiq faza sirtiga yaqin joylashgan qarama-qarshi zaryadlar hosil qiladi;

- Potensial aniqlovchi ionlar qattiq zarrachalar bilan xemosorbsion kuchlar vositasida puxta bog'langan va uning sirtida teng taqsimlangan.

- Dispersion muhit dielektrik o'tkazuvchanligi va qovushqoqligi ( $\eta$ ) bilan xarakterlanadigan uzluksiz (tuzilishsiz) muhit deb qaraladi.

- Qarama-qarshi zaryadli ionlar qattiq sirtidan bir ion o'lchamidagi masofada joylashadi.

- Qarama-qarshi zaryadli ionlar qattiq sirt zaryadini kompensatsiya qiluvchi bo'lib, murakkab tuzilishga ega va 2 qismdan iborat: ***zich qatlam (adsorбилangan qatlam yoki Gelmgols qatlami) va diffuzion qavat (Gui qavati).***

- Diffuzion qavat qalinlik ( $\delta$ ) ka ega, uni qarama-qarshi ionlar hosil qiladi, u (diffuzion qavat) zaryadlangan sirtidan  $d$  dan katta bo'lgan masofada, ammo  $\delta$  masofa oraliq'ida joylashadi.

Diffuzion qavatdagi qarama-qarshi zaryadli ionlarga issiqlik harakati ta'sir etadi, ular sistemaning butun hajmida teng taqsimlanishiga harakat qiladi. Bu esa diffuzion qatlamda dinamik muvozanat o'rnatilishiga olib keladi.

Qo'sh elektr qavatda potensialning to'liq tushishi (kamayishi) **termodinamik potensial** deyiladi:

$$\varphi_0 = \varphi_d + \varphi_\delta; \quad \varphi = \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_0}{a_p}$$

Termodinamik potensial - qattiq zarracha sirti bilan suyuqlik o'rtasidagi umumiy potensiallar ayirmasini ko'rsatadi.

Termodinamik potensial kattaligi sirtga yopishgan barcha anionlar bilan suyuqlikning adsorbsion va diffuzion qavatlaridagi o'shancha kationlar orasidagi umumiy potensiallar ayirmasini ko'rsatadi.

- Sirg'anish tezligidagi potensial elektrokinetik potensial yoki dzeta-potensial deyiladi.

- Zarrachalar harakatlanishida qo'sh elektr qavat buziladi.

Qattiq va suyuq fazalar ko'chishida ajralish (buzilish) joyi **bir-biriga nisbatan sirg'anish tekisligi** deyiladi.

Dzeta-potensial qo'sh elektr qavatning muhim xarakteristikasi hisoblanadi: u dispersion muhit va dispersion fazalarning nisbiy ko'chish tezliklarini aniqlaydi, elektrokinetik hodisaning intensivligini aniqlaydi, zolning barqarorligini ta'minlaydi.

Dzeta-potensialining kattaligi esa sirtga yopishgan anionlar sonidan adsorbsion qavat tarkibiga kiruvchi kationlar sonini olib tashlaganda qoladigan kationlar soni bilan anionlar orasidagi potensiallar ayirmasini ko'rsatadi.

#### **Dzeta potensial:**

- Termodinamik potensial  $\varphi_0$  kattaligi qo'sh elektr qavatda potensial kamayishining xarakterini;

- Katta faza yaqinida suyuqlikning harakatlanish xarakterini (u asosan muhitning qovushqoqligiga bog'liq) aniqlaydi.

- Dzeta-potensial qancha katta bo'lsa, termodinamik potensial ( $\varphi_0$ ) ham shuncha katta bo'ladi.

- Dzeta-potensial qancha katta bo'lsa qalinlik ( $\delta$ ) ham shuncha katta bo'ladi va shuncha ko'p qarama-qarshi zaryadli ionlar diffuzion qavatda bo'ladi.

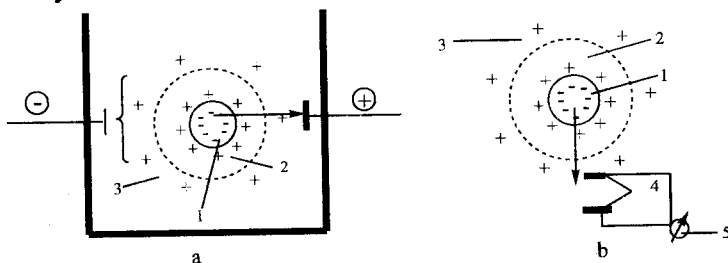
Dzeta-potensial qiymatiga ta'sir etuvchi omillar:

- Indifferent elektrolitning qo‘shilishi;
- Noindifferent elektrolitning qo‘shilishi;
- Muhitning pH qiymati va boshqa omillar;
- Zol konsentratsiyasi;
- Dispersion muhit

#### 4.5. Dzeta-potensialni aniqlash usullari

Suyuqlik qattiq zarrachaga nisbatan yoki zarracha suyuqlikka nisbatan harakat qilganida qo‘sh elektr qavatning adsorbsion va diffuzion qavatlari chegarasida hosil bo‘ladigan potensial **elektrokinetik potensial yoki dzeta potensial** deyiladi.

Kolloid eritmaga tashqaridan elektr toki yuborilganda kolloid zarrachalar ma‘lum zaryadga ega bo‘lganligi uchun ular biror elektrodga tomon harakatlanadi. Kolloid zarrachalarning tashqi elektr maydon ta‘sirida harakat qilish hodisasi **elektroforez** deyiladi.

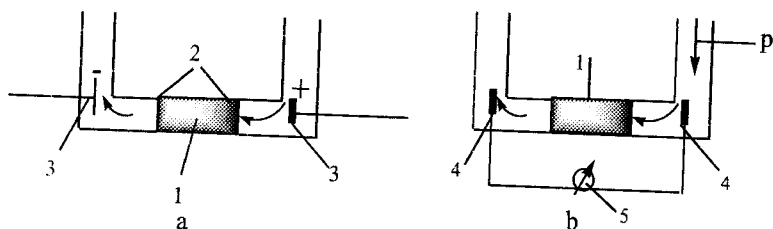


$\zeta$  - potensialni elektroforez hodisidan foydalanib aniqlash mumkin:

$$\zeta = \frac{k \cdot \pi \cdot \eta \cdot \mathcal{G}}{\varepsilon \cdot x}$$

$k=6$  (sharsimon zarracha uchun;  $k=4$  (silindrik zarrachalar uchun);  $\eta$ -suyuqlikning qovushqoqligi;  $\mathcal{G}$ -zarrachaning elektroforez tezligi;  $\varepsilon$ -muhitning dielektrik o‘tkazuvchanligi;  $x$ -potensial gradiyent. Bu tenglama **Gelmgols-Smoluxovskiy tenglamasi** deyiladi.

Suyuqlikning elektr maydonida g‘ovak jism (diafragma) orqali elektrodlar tomon harakatlanishi **elektroosmos** deyiladi.



Xuddi shunday dzeta-potensialni elektroosmos hodisasidan foydalanib ham aniqlash mumkin:

$$\zeta = \frac{\eta \cdot \chi \cdot \mathcal{G}}{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot I}$$

$\eta$  - suyuqlikning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi;  $\eta$  - qovushqoqlik,  $I$  - tok kuchi;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  f/m;  $\varepsilon$  - suyuqlikning dielektrik doimiysi.

### ***Mavzuga doir masalalar yechish***

1. Agar eritma  $2 \cdot 10^4$  Pa bosim ostida o'tsa va oqim potentsiali  $U = 6,5 \cdot 10^{-3}$  B ga teng bo'lsa, keramik filtr - KCl ning suvli eritmasi chegara sirti qismidagi elektrokinetik potentsialni aniqlang. Muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $\chi = 0,41$  sm  $\cdot$  m $^{-1}$ , qovushqoqlik  $1,3 \cdot 10^{-2}$  Pa  $\cdot$  sek, nisbiy elektr o'tkazuvchanlik  $\varepsilon = 80,1$ ; elektr doimiysi  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  f/m.

Yechish:

$$U = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \xi \cdot p}{\eta \cdot \chi} \text{ dan}$$

$$\xi = \frac{U \cdot \eta \cdot \chi}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot p} = \frac{6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,141}{80,1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^4} = 7,76 \text{ mB}.$$

2.  $\tau = 60$  minutda elektroforezda zol siljishining rangli chegarasi  $\alpha = 2,5 \cdot 10^{-2}$  m ga teng bo'lsa, polistirol lateksi zarrachalarining dzeta-potensialini hisoblang.  $E = 115$  B. Elektrodlar orasidagi masofa  $l = 0,55$  m. Muhitning dielektrik o'tkazuvchanligi

81 ga teng. Muhitning qovushqoqligi  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{sek}$ . Elektrik doimiylik  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$ .

Yechish: 
$$\xi = \frac{U_0 \cdot \eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H}$$

Chiziqli tezlik: 
$$U_0 = \frac{\alpha}{\tau} = \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{3600} = 0,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/sek}$$

Tashqi maydon kuchlanganligi: 
$$H = \frac{E}{l} = \frac{115}{0,55} = 209 \text{ B/M}$$

$$\varepsilon = \frac{U_0 \cdot \eta}{\varepsilon_0 \cdot H} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 10^{-5}}{81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 209} = 0,046 \text{ B.}$$

3. Hidrozol zarrachasining elektrokinetik potentsiali 50 mB ga teng. Tashqi elektr yurituvchi kuch 240 B, elektrodlar orasidagi masofa 40 sm. Agar suvning qovushqoqligi  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{sek}$ , dielektrik o'tkazuvchanlik  $\varepsilon = 81$  ga teng bo'lsa, zol zarrachalarining elektroforetik tezligini hisoblang. Zol zarrachalari silindrik shaklda.

Yechish: Elektrokinetik potensial formulasidan silindrik shakldagi zarrachalar uchun:

$$\xi = \frac{4\pi U \eta}{\varepsilon H}$$

Elektroforetik tezlikni hisoblaymiz:

$$U = \frac{\xi \cdot \varepsilon \cdot H}{4\pi \eta}; \quad H = \frac{E}{l} = \frac{240}{0,14} = 600 \text{ B/m};$$

$$U = \frac{0,05 \cdot 81 \cdot 600}{4 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ m/c}$$

4. Konsentratsiyasi 25 mg/l bo'lgan NaCl ning suvli eritmasida joylashgan bariy sulfat zarrachalari sirtida diffuzion ionli qavatning qalinligini hisoblang. 288 K da eritmaning nisbiy dielektrik o'tkazuvchanligi 82,2 ga teng.



Yechish: Diffuzion ionli qatlamning qalinligi  $\lambda = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 RT}{2F^2 \cdot I}}$

formula bilan topiladi. NaCl uchun ion kuchi I:  $I = S(c \cdot 1^2 + c \cdot 1^2) = C$

Bu yerda C – NaCl ning konsentratsiyasi mol/m<sup>3</sup> da

$$C = \frac{25}{m} = \frac{25}{58,44} = 0,428$$

U holda NaCl eritmasining ion kuchi:

$$I = S(0,428 \cdot 1^2 + 0,428 \cdot 1^2) = 0,428$$

Diffuzion qavat qalinligi:

$$\lambda = \sqrt{\frac{82,2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-22} \cdot 8,31 \cdot 288}{2 \cdot (96500)^2 \cdot 0,428}} = 1,477 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

5. Oqim potentsiali  $4 \cdot 10^{-3}$  B bo'lishi kaliy xlorid eritmasiga membrana orqali qancha bosim berish kerak. Elektrokinetik potensial 30 mB ga, muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $\chi = 1,3 \cdot 10^{-2}$ , dielektrik singdiruvchanlik  $\varepsilon = 81$ , muhitning qovushqoqligi  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{c} / \text{m}^2$ .

Yechish:

$$p = \frac{E_T \cdot \eta \cdot \chi}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \xi} = \frac{0,04 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 10^{-2}}{81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 2,42 \cdot 10^4 \text{ H} / \text{m}^2$$

6. Quyidagi tajriba natijalari asosida oqim potentsialining qiymatini toping: Elektrosmotik harakatda kaliy xloridning suvli eritmasining polistiroidan harakatlanishining hajmiy tezligi  $v = 8 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3 / \text{c}$ , tok kuchi  $4 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ , membrana orqali eritmaga ta'sir etuvchi bosim  $2 \cdot 10^4 \text{ H} / \text{m}^2$

Yechish:

$$E_T = \frac{P \cdot v}{I} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^{-10}}{4 \cdot 10^{-4}} = 0,04 \text{ B}$$

7. Natriy nitratning konsentratsiyasi 30 mg/l bo'lgan suvli eritmasida turgan rux oksidi zarrachalarining sirtidagi diffuzion ion qavatining qalinligini aniqlang. Eritmaning dielektrik o'tkazuvchanligi 298 K da 78,2 ga teng.

Yechish: Gui-Chepman nazariyasiga ko'ra diffuzion qavat qalinligi

$$\lambda = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 RT}{2F^2 \cdot I}} \text{ formuladan foydalanib hisoblanadi.}$$

$$\text{NaNO}_3 \text{ elektroliti uchun ion kuchi: } I = \frac{1}{2}(c \cdot 1^2 + c \cdot 1^2) = c$$

$\text{NaNO}_3$  ning konsentrasiyasini hisoblaymiz:

$$c = \frac{30 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{85 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,353 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}; \text{ Demak, } I=c=0,353.$$

$\lambda$  ni hisoblaymiz:

$$\lambda = \sqrt{\frac{79,2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 8,31 \cdot 298}{2 \cdot (96500)^2 \cdot 0,353}} = 1,625 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 16,25 \text{ nm}.$$

## V. KOLLOID ERITMALARNING OPTIK XOSSALARI VA TEKSHIRISH USULLARI

### 5.1. Kolloid eritmalarning optik xossalari

Kolloidlarning optik xossalari qatoriga yorug'likning kolloid eritmalar tomonidan sochilishi, kolloid eritmalarning rangi, yorug'likning kolloidlarda yutilishi, qutblangan yorug'lik tekisligining aylanishi (bo'linishi) hamda ultramikroskopik, elektronmikroskopik va rentgenoskopik xossalari kiradi. Zollarga rangdorlik xossalari xos. Zollarning o'tayotgan yorug'likdagi rangi ularning disperslik darajasiga, zarrachalarning kimyoviy tabiati va shakliga bog'liq hollarda o'zgaradi. Disperslik darajasi yuqori bo'lgan metall zollarining rangi, odatda, qizil va to'q sariq, disperslik darajasi past bo'lgan metall zollari binafsha va ko'k tusli bo'ladi. Masalan, oltinning disperslik darajasi yuqori bo'lgan zollari qizil tusli bo'lib, disperslik darajasi past bo'lgan zollari binafsha va ko'k tuslidir. Metall zollarining o'tayotgan yorug'likdagi rangi yutilgan nurning to'lqin uzunligiga ham bog'liq. Projektor nuri, tuman, tutun, havo ranglidir. Osmonning ko'k tusda bo'lishiga sabab, quyosh nurining havo qavatlarida to'lqin uzunligiga qarab turli darajada tarqalishidir. Kumush zolining rangi disperslik darajasiga ko'ra turlicha bo'ladi:

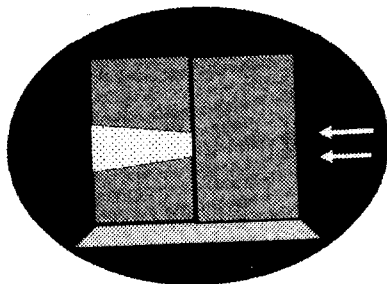
**Ag zolining disperslik darajasiga ko'ra rangi**

Zarrachaning o'lchami, nm hisobida	Zolning rangi
79	To'q sariq
90	Qizil
110	Ko'k binafsha
160	Ko'k

Agar jismga tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi jism zarrachalariga qaraganda kichik bo'lsa, yorug'lik geometrik optika qonunlariga muvofiq, jismdan qaytadi. Lekin jism zarrachalarining kattaligi tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligidan ancha kichik (masalan, uning 0,1 qismi qadar) bo'lsa, bu holda sodir bo'ladigan

optik hodisalar ichida yorug'likning tarqatilishi asosiy o'rinni tutadi. Shuning uchun kolloid dispers va dag'al dispers sistemalar ko'zga ko'rinadigan yorug'lik nuri bilan yoritilganida, dispers faza zarrachalari tushayotgan yorug'lik nurlarini tarqatib yuboradi. Dispers sistemadan intensiv yorug'lik nurini o'tkazib, sistemaga yorug'lik nuri yo'nalishiga nisbatan biror burchak ostida qaraganimizda, sistema ichida yorug'lik konusni ko'ramiz. Bu hodisani avval Faradey, so'ngra Tindal tekshirgan edi. Shuning uchun bu hodisa Tindal-Faradey effekti deb ataladi.

### Tindal-Faradey effekti



Tindal-Faradey effektini ko'rish uchun to'rt qirrali shisha idishga (kyuvetaga) dispers sistema (C) solinadi-da, qora parda oldiga qo'yilib, proyeksion fonar (A) bilan yoritiladi. Bu tajribada yorug'lik konus hosil bo'ladi, buning sababi shundaki, kolloid zarrachalarga tushgan yorug'lik zarrachalar tomonidan tarqatiladi, natijada har qaysi zarracha xuddi yorug'lik beruvchi nuqtadek bo'lib ko'rinadi. Mayda zarrachalarning yorug'lik tarqatish hodisasi opalessensiya deyiladi. Haqiqiy eritmalarda, toza suyuqliklar aralashmasida yorug'lik nihoyatda kam tarqaladi va Tindal-Faradey effekti yuz bermaydi. Uni faqat maxsus asboblarda yordamida ko'rish mumkin. Ba'zan tashqi ko'rinishiga qarab kolloid eritmani haqiqiy eritmadan ajratib bo'lmaydi, ayni sistemani kolloid yoki haqiqiy eritma ekanligini aniqlashda Tindal-Faradey effektidan foydalaniladi. Tindal-Faradey effektining intensivligi zolning disperslik darajasi ortishi bilan kuchayadi, disperslik ma'lum darajaga borganda maksimumga yetadi-da, so'ngra pasayadi.

Dag'al dispers sistemalarda (ularning zarrachalari yorug'lik to'lqin uzunligidan katta bo'lganligi sababli) muhit-zarracha chegarasida yorug'likning tartibsiz qaytishi va betartib sinishi natijasida yorug'likning sochilishi hodisasi kuzatiladi. Dag'al dispers sistemalarda to'lqin uzunliklari turlicha bo'lgan nurlar bir xilda tarqaladi. Agar sistemaga oq nur tushsa, sistemadan tarqalgan nur ham oq bo'ladi.

Lekin kolloid eritma zarrachalarning o'lchamlari yorug'likning to'lqin uzunligidan kichik bo'lganligi uchun difraksiya hodisasi, ya'ni yorug'lik zarrachani "o'rab o'tib" o'z yo'nalishini o'zgartirish hodisasi vujudga keladi.

Kolloid eritmalarda yorug'lik sochilishi turli yo'nalishlarda turlicha bo'ladi. Reley sochilgan nur intensivligi bilan tushayotgan nur intensivligi orasidagi bog'lanishni ifodalovchi tenglama yaratgan bo'lib, u quyidagi hollarda to'g'ri bo'ladi:

- Zarracha sferik shaklga ega bo'lganda;
- Zarracha elektr tokini o'tkazmaganda (metallmas bo'lganida);
- Zarracha yorug'lik yutmaganida (ya'ni rangsiz bo'lganida);
- Zarrachalar orasidagi masofa tushayotgan nur to'lqin uzunligidan katta bo'lishi darajasida suyultirilgan kolloid eritma bo'lganida.

Kolloid zarrachalardan nurning tarqalish hodisasi o'sha nurning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'ladi. Reley qonuniga muvofiq, kolloid sistema orqali yorug'lik o'tayotganida difraksiya tufayli tarqalgan yorug'likning intensivligi kolloid zarrachalarning soniga, zarracha hajmining kvadratiga mutanosib bo'lib, tushayotgan nur to'lqin uzunligining to'rtinchi darajasiga nomutanosibdir:

$$J = kJ_0 \frac{\nu V^2}{\lambda^4} \left( \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2$$

Bunda  $J_0$ –yorituvchi nur ravshanligi (intensivligi),  $J$  – kolloid zarrachadan tarqalayotgan nur intensivligi,  $\nu$  – sistemaning hajm birligidagi zarrachalar soni,  $V$ –har qaysi zarrachaning hajmi,  $n_1$ –kolloid zarrachani hosil qilgan moddaning yorug'likni sindirish koeffitsiyenti,  $n_2$ –dispersion muhitni hosil qilgan moddaning

yorug'likni sindirish koeffitsiyenti,  $k$ –mutanosiblik koeffitsiyenti,  $\lambda$ –tushayotgan nur to'liqin uzunligi

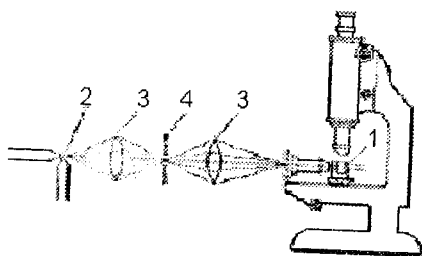
Bu tenglamadagi  $n_1$  ning qiymatigina moddaning kimyoviy tabiatiga bog'liq. Agar  $n_1$  va  $n_2$  lar o'zaro teng bo'lsa, bunday sistemada Tindal-Faradey effekti kuzatilmaydi. Ikki faza moddalarining yorug'likni sindirish koeffitsiyentlari o'rtasidagi ayirma qanchalik katta bo'lsa, Tindal-Faradey effekti shunchalik ravshan namoyon bo'ladi.

Reley tenglamasi zarrachalarning radiusi yorug'lik to'liqin uzunligining 0,1 qismidan katta bo'lmagan kolloid eritmalar uchungina qo'llanila oladi. Tenglamadan ko'rinib turibdiki, yoyilgan nurning to'liqin uzunligi tushayotgan nur to'liqin uzunligining to'rtinchi darajasiga nomutanosib bo'lganligi sababli yoyilish jarayonida ancha qisqa to'liqin uzunligiga ega bo'lgan nur kelib chiqadi. Shu sababli kolloid eritma yon tomondan polixromatik (ya'ni oq) nur bilan yoritilganda kolloid eritma zangoriroq tusga ega bo'ladi.

Rangdor kolloid eritmalarda (yon tomondan nur berganda) kuzatiladigan opalessensiya hodisasi *dixroizm* deb ataladi. Masalan, zangori tusli oltin zoliga yon tomondan yorug'lik beradigan bo'lsak, zol sariq qizg'ish rangli bo'lib ko'rinadi.

## 5.2. Ultramikroskopiya, elektron mikroskopiya, rentgenografiya, elektronografiya

Kolloid eritma zarrachalarining o'lchami 100 nm dan kichik bo'ladi; ammo ko'zga ko'rinadigan yorug'lik to'liqinining uzunligi 380-760 nm orasida bo'ladi. Shu sababdan oddiy mikroskop vositasida kolloid eritma zarrachalarini ko'rib bo'lmaydi. 1903-yilda Zigmondi Tindal-Faradey effektidan foydalanib, ultramikroskop yasadi.



Ultramikroskop sxemasi.

1-tekshirish uchun olingan kolloid eritma  
2- yorug'lik manbai; 3-linza; 4- diafragma

Oddiy mikroskop bilan ultramikroskop orasidagi asosiy farq shundaki, oddiy mikroskopda ko'riladigan jism yorug'lik manbai bilan mikroskop oralig'iga qo'yiladi, ultramikroskopda esa yon tomonidan yoritiladi, demak kuzatuvchiga kolloid zarrachalar tomonidan tarqatilgan yorug'lik ko'rinadi. Ultramikroskopda manbadan tushayotgan nur bilan ko'rinadigan nur bir-biriga perpendikulyar bo'ladi va manbadan chiqqan nur mikroskopga tushmaydi, shuning uchun bu mikroskopda qorong'ulik ko'rinadi. Agar manbadan chiqqan nur kolloid zarrachaga tushsa, zarracha bu nurni tarqatadi, zarrachaning o'zi esa yorug'lik manbai bo'lib xizmat qiladi

Ultramikroskopda zarrachaning o'zi emas, shu zarracha tomonidan tarqatilgan nur ko'rinadi. Ushbu mikroskop yordamida faqat ma'lum hajmdagi kolloid zarrachalarning soni hisoblanadi, lekin har qaysi zarrachaning shakli va katta - kichikligini bevosita aniqlab bo'lmaydi. Ammo, ba'zi usullardan foydalanib, bu usulda olingan natijalar asosida zarrachalarning o'lchamini taxminan hisoblab topsa bo'ladi. Kolloid sistemalar polidispers bo'lganligi uchun hamma vaqt zarrachalarning o'rtacha radiusi topiladi. Ultramikroskop yordamida hajm birligidagi zarrachalar soni  $n$  ni hisoblab topish mumkin.

Dispers faza moddasining zichligi  $d$  va kolloid eritmaning massa konsentratsiyasi  $C$  ma'lum bo'lsa, zarracha hajmini hisoblab topish qiyin emas:

$$V = \frac{C}{nd}$$

Agar zarrachani sfera shaklga ega deb faraz qilsak, uning hajmi  $\frac{4}{3}\pi r^3$  ga teng bo'ladi (bunda  $r$ —zarrachalarning o'rtacha radiusi); binobarin  $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{C}{nd}$ ; kub shaklidagi zarracha uchun  $l^3=V$  yoki  $l =$

$\sqrt[3]{V}$  sferik zarracha uchun  $\frac{4}{3}\pi r^3=V$  yoki  $r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$  bo'ladi.

Kolloid zarrachalarining shaklini elektron mikroskop yordami bilangina aniq ko'rish mumkin.

1934-yilda elektron mikroskop kashf qilindi. Elektron mikroskopda yorug'lik nuri o'rnida elektronlar oqimidan foydalaniladi, chunki ularni elektromagnit yordamida boshqarish qulay. Bu mikroskopda katoddan chiqqan elektronlar oqimi elektromagnit g'altakning magnit maydoniga keladi. Bu maydon elektronlarni yig'ib, tekshirilayotgan jismga yuboradi. Elektronlar jismning zich qismlaridan kam, zich bo'lmagan qismlaridan ko'p o'tib, ikkinchi va uchinchi magnit maydonlariga boradi, natijada ekranda yoki fotoplastinkada jismning kattalashgan tasviri hosil bo'ladi.

Kolloid zarrachalarining ichki strukturasi va uning turli jarayonlar vaqtida o'zgarishi rentgenografiya va elektronografiya usullari yordamida aniqlanadi. Kolloid sistemalarni tekshirishda bu usullarning biri rentgen nurlarining, ikkinchisi esa elektronlar oqimining qo'llanilishiga asoslangan. Rentgenografiya usulidan foydalanib, kolloid zarrachalarning ichki tuzilishi haqida ma'lumot olish mumkin.

Kolloid zarracha o'lchamlari nihoyatda kichik bo'lganligi uchun kolloid sistemalarning rentgenografiya yordamida olingan monokristallar qo'llanilishiga asoslangan Laue diagrammalari u qadar aniq chiqmaydi; ko'pincha bu sohada Debay - Sherrer diagrammalarini hosil qilish bilan chegaralanadi. Debay - Sherrer diagrammalarini tekshirish yo'li bilan xilma-xil kolloidlarning ko'pchiligi kristall tuzilishiga ega ekanligini aniqlash mumkin bo'ldi. Ayniqsa og'ir metallarning zollari va ularning birikmalaridan



hosil bo'lgan zollarni tekshirish samarali natijalar berdi. Buning sababi shundaki, rentgen nurlari og'ir metall atomlariga tushganida nur nihoyatda kuchli yoyiladi. Bu hodisaga dispersion muhit u qadar halal bermaydi.

**3. Nefelometriya.** «Opalessensiya» hodisasiga asoslanib, kolloid eritmalarning konsentratsiyasini va kolloid zarrachaning o'rtacha katta-kichikligini aniqlaydigan asbob-nefelometr deb ataladi. Agar ma'lum nur manbaidan foydalanilsa, aniq dispers faza va aniq dispersion muhitlar uchun Reley tenglamasiga kiradigan ba'zi kattaliklar ( $n_1$ ,  $n_2$ ,  $\lambda$ ,  $\rho$ ) o'zgarmay qoladi. Shundan Reley tenglamasi quyidagi qisqa shaklni oladi:

$$I = K \cdot C \cdot V \cdot I_0$$

$$\text{bu yerda} \quad K = \frac{24\pi^3}{p\lambda^4} \left( \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 = \text{Const}$$

Nefelometrik tekshirish uchun ikkita bir xil silindrik idish olib, ularning biriga konsentratsiyasi ma'lum (standart) kolloid eritma, ikkinchisiga tekshirish uchun berilgan kolloid eritma solinadi. Ikkala idish bitta yorug'lik manbaidan yoritiladi. Bu vaqtda ikkala idishda ham Tindal effekti vujudga keladi. Kolloid eritmalardan tarqalgan nur asbobning tepa qismidagi okulyarga tushadi. tekshiriladigan kolloid eritmaning konsentratsiyasi standart kolloid eritma konsentratsiyasiga teng bo'lmasa, ikkala kolloid eritmalardan tarqalgan yorug'likning intensivligi boshqa-boshqa bo'ladi; okulyardan ko'rinadigan ikkita yarim doiraning biri yorug'roq va ikkinchisi qorong'iroq bo'ladi. Kolloid eritmalardan tarqalgan yorug'likning intensivligi zolning konsentratsiyasiga proporsional bo'lgani uchun tekshiriladigan kolloid eritmaga va standart kolloid eritmaga tushgan nurlar bir xil son zarrachalardan tarqalgandagina okulyardagi ikkala yarim doira bir xilda yoritiladi. Silindrik shisha idishlardan birini (maxsus moslama yordami bilan) yuqoriga ko'tarish yoki pastga tushirish orqali idishdagi kolloid eritmalarning yoritilayotgan balandliklarni o'zgartirib ikkala yarim doirani birdek yoritishga erishish mumkin. Faraz qilaylik, bu balandliklar  $h_1$  va  $h_2$  bo'lib, ikkala eritmadagi kolloid zarrachalarning hajmlari bir-biriga teng bo'lsin, u holda ikkala eritma uchun  $K' = KV = \text{const}$  bo'ladi.

Doiraning ikkala yarim qismlari bir xilda ravshanlikka ega bo'lganligi sababli:

$$I_1 = I_2 = K' \cdot C_1 \cdot I_{01} = K' \cdot C_2 \cdot I_{02} \text{ tenglikka}$$

ega bo'lamiz. Bu yerda  $I_{01}$ —sinalayotgan eritmadagi yorug'lik kuchi,  $I_{02}$ —standart kolloid eritma solingan idishdagi yorug'lik kuchi,  $C_1$ —sinaladigan eritma konsentratsiyasi,  $C_2$ —standart kolloid eritma konsentratsiyasi. Yuqoridagi tenglamani o'zgartirib, quyidagicha yozamiz:

$$C_1 = C_2 \frac{I_{02}}{I_{01}} = C_2 \frac{h_2}{h_1}$$

Demak,  $C_1 = C_2 h_2 / h_1$  asosida  $C_1$  ni hisoblay olamiz.

**Yorug'likning adsorbsiyasi.** 1760-yilda Lambert va undan oldinroq Buger yorug'likning sochilishini o'rganib, o'tuvchi nur intensivligi bilan yorug'lik o'tayotgan muhitning qalinligi orasidagi bog'lanishni topdilar:

$$J_{o't} = J_0 \cdot e^{-kl}$$

Bu yerda  $J_{o'tuvchi}$  - o'tuvchi nurning intensivligi;

$J_0$  - tushayotgan nur intensivligi;

k-yutilish koeffitsiyenti;

l-yutuvchi qatlamning qalinligi.

Ber eritma bilan absolyut rangsiz va tiniq erituvchilar yutish koeffitsiyentlari erigan moddaning molyar konsentratsiyalariga proporsional ekanligini isbotladi.

Yutilishning molyar koeffitsiyenti ( $\epsilon$ ) qiymatini kiritib, o'tayotgan nur intensivligi bilan qatlam qalinligi va erigan modda konsentratsiyalari orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi Beger-Lambert-Ber qonunini ifodalaymiz:

$$J_{o't} = J_0 \cdot e^{-\epsilon cl}$$

Hisoblash uchun qulaylik tug'dirish maqsadida tenglamani logarifmlab quyidagicha yozish mumkin:

$$\ln \frac{J_0}{J_{o'tuvchi}} = \epsilon cl$$

$\ln \frac{J_0}{J_{o'tuvchi}}$  ifodani D harfi bilan belgilab eritmaning optik zichligi yoki ekstinksiya deb ataymiz,  $\varepsilon$ –modda nur yutishining molyar koeffitsiyenti (yoki ekstinksiya koeffitsiyenti), C–moddaning konsentrasiyasi, l–yorug‘lik nuri o‘tayotgan qatlam qalinligi.

$\frac{J_{o'tuvchi}}{J_0}$  - eritmaning nisbiy tiniqligidir.

Ba’zi hollarda Buger-Lambert–Ber qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\frac{J_0 - J_{o'tuvchi}}{J_0} = 1 - e^{-dC}$$

C = 1, l = 1 bo‘lsa

$$\varepsilon = \ln \frac{J_0}{J_{o't}} \text{ bo'ladi.}$$

Yutishning molyar koeffitsiyent  $\varepsilon$ –yutilayotgan nurning to‘lqin uzunligiga, haroratga, erituvchi va erigan moddaning tabiatiga, eritmaning konsentrasiyasiga bog‘liq emas.

Buger-Lambert–Ber qonuni gomogen sistemalar uchun chiqarilgan, ammo uni yuqori dispersli kolloid eritmalar uchun ham qo‘llash mumkin.

Buning uchun kolloid sistemalarda:

- Dispersion muhit qatlam qalinligi juda ham katta bo‘lmasligi;
- Dispers fazaning konsentrasiyasi juda yuqori bo‘lmasligi kerak.

### ***Mavzuni mustahkamlash***

Dispers sistemalarning optik xossalari:

- Yorug‘likning yutilishi;
- Yorug‘likning qaytishi;
- Yorug‘likning sinishi;
- Yorug‘likning o‘tishi;
- Yorug‘likning sochilishi va boshqalar kiradi.

Sferik zarrachalar uchun yorug‘lik nuri sochilishining miqdoriy qonuniyati Reley tomonidan kiritilgan:

$$J_{sochilish} = J_0 \cdot \frac{24\pi^3 V^2 \cdot \nu}{\lambda^4} \left( \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + n_0^2} \right)$$

Bu yerda dispers fazaning qismaniy konsratsiyasi  $\nu$  bilan dispers fazaning massaviy konsratsiyalari orasida quyidagicha bog'liqlik mavjud:

$$C = V \cdot \rho \cdot \nu$$

$C$ — $1\text{ m}^3$  zoldagi dispers faza zarrachalarining massasi;

$V$ —zarrachaning hajmi;

$\nu$ — $1\text{ m}^3$  zoldagi zarrachalar soni

$C = V \cdot \rho \cdot \nu$  ni inobatga olsak, Reley tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$J_{sochilish} = J_0 \cdot \frac{24\pi^3 VC}{\lambda^4 \cdot \rho} \left( \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right)$$

Reley tenglamasidan quyidagilar kelib chiqadi:

- Sochilgan nurning intensivligi zarrachalar soniga (zolning konsratsiyasiga) to'g'ri proporsional:  $J_{sochilish} \approx \nu$ , bu esa nur sochilishining kattaligi bo'yicha dispers fazaning konsratsiyasini aniqlash imkonini beradi;

- Sochilgan nur intensivligi zarrachaning hajmiga to'g'ri proporsional

$J_{sochilish} \approx V$  Sferik zarrachalar uchun  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ . Bu esa dispers faza zarrachasining o'lchamini aniqlash imkonini beradi.

- $J_{sochilish} \approx \frac{1}{\lambda^4}$ , demak tushayotgan nurning to'lqin uzunligi qancha qisqa bo'lsa, sochilish shuncha katta bo'ladi.

- $J_{sochilish} \approx n_1 - n_0$ . Bundan sindirish ko'rsatkichlari orasidagi farq qancha katta bo'lsa, nurning sinishi shuncha katta bo'ladi.

**Ultramikroskopiya.** Ultramikroskopiya metodi kolloid zarrachadan yorug'lik nurining sochilishiga asoslangan. Ultramikroskop yordamida zarrachaning o'lchamini hisoblash uchun aniq vaqt oraliq'ida kuchli suyultirilgan zolning ma'lum hajmidagi zarrachalar soni topiladi. Ma'lum hajmdagi dispers faza zarrachalari massasi

$$m = C \cdot V$$

Bitta zarrachaning massasi:

$$m_0 = \frac{m}{n} = \frac{C \cdot V}{n}$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda  $n$ -ultramikroskopda ko'rinadigan dispers faza zarrachalarining soni.

U holda bitta dispers faza zarrachasining hajmi:

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho} = \frac{C \cdot V}{n \cdot \rho}$$

$\rho$ -dispers faza zarrachasining zichligi;

Shar shaklidagi zarracha uchun:

$$V_0 = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3$$

Kub shaklidagi zarracha uchun:

$$V_0 = l^3$$

U holda bitta sharsimon zarrachaning o'rtacha radiusi

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot C \cdot V}{4 \cdot \pi \cdot n \cdot \rho}}$$

Kubik zarracha qirrasining uzunligi

$$l = \sqrt[3]{\frac{C \cdot V}{n \cdot \rho}}$$

1-masala. Kumush gidrolizini ultramikroskop yordamida tekshirilib ko'rilganda hajmda 10 ta zarracha borligi aniqlangan. Ko'rish maydoni yuzasi  $4,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$  ni, nur tarami chuqurligi  $8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  ga teng. Zarrachani shar shaklida deb hisoblang. Ularning o'rtacha radiusini aniqlang. Zolning massa konsentratsiyasi  $3 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  ni, kumushning zichligi  $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  ni tashkil etadi.

Yechish:

$$V = S \cdot h = 4,5 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-6} = 3,6 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot C \cdot V}{4 \cdot \pi \cdot n \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot 3,6 \cdot 10^{-13}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10,5 \cdot 10^3}} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

2-masala. Quyidagi tajriba natijalari berilgan:

Konsentratsiyasi, $C\%$	0,8	0,4	0,1
Qatlamning qalinligi, $l \cdot 10^3, \text{ m}$	2,5	2,5	5,0
O'tgan nur foizi, %	1,3	9	30

Yutilish koeffitsiyenti ( $\epsilon$ ) ni aniqlang.

Yechish:

$$\epsilon = \frac{2,3(\lg J_0 - \lg J)}{C \cdot l}$$

$J_0=100\%$  deb, zolning har bir konsentratsiyasi uchun  $\epsilon$  ni hisoblaymiz:

$$\epsilon = \frac{2,3(\lg J_0 - \lg J)}{C \cdot l} = \frac{2,3(\lg 100 - \lg 1,3)}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 2,2 \cdot 10^3$$

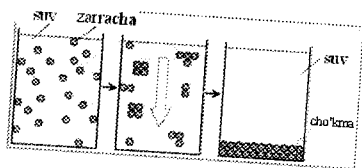
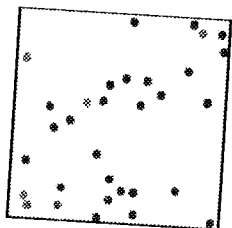
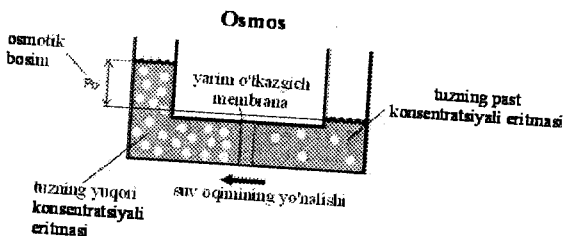
$$\epsilon = \frac{2,3(\lg J_0 - \lg J)}{C \cdot l} = \frac{2,3(\lg 100 - \lg 9)}{0,4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \cdot 10^3$$

$$\epsilon = \frac{2,3(\lg J_0 - \lg J)}{C \cdot l} = \frac{2,3(\lg 100 - \lg 30)}{0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \cdot 10^3$$

# VI. DISPERS SISTEMALARNING MOLEKULAR – KINETIK XOSSALARI

## Molekulyar-kinetik xossalari

- Broun harakati
- Diffuziya
- Osmos
- Sedimentatsiya



**Molekulyar- kinetik nazariya** modda zarrachalarining o'z-o'zicha harakat qilish qonunlarini o'rganadi.

Chin eritmalarning ba'zi xossalari erigan modda tabiati qanday bo'lishidan qat'iy nazar, eritmaning hajm yoki massa birligida bo'lgan zarrachalar (molekula va ionlar) miqdoriga bog'liq bo'ladi. Bu xossalar eritmalarning **kolligativ xossalari** deyiladi. Ular jumlasiga eritmalarda bo'ladigan diffuziya va osmos hodisalari, eritmada toza erituvchi bug' bosimining kamayish, muzlash temperaturasi pasayish va qaynash temperaturasi ko'tarilish hodisalari kiradi.

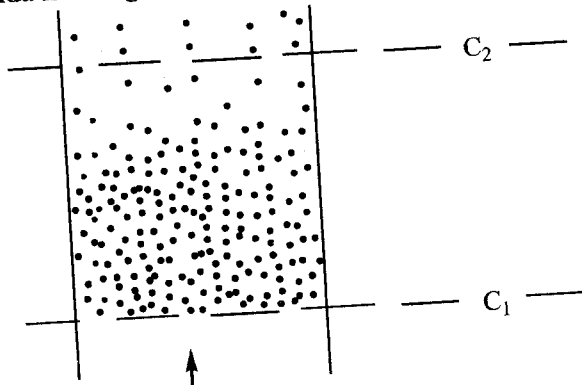
Kolloid sistemalarni tekshirish natijasida ularda ham kolligativ xossalar mavjud ekanligi isbotlanadi.

Kolloid sistemalarning molekulyar-kinetik xossalardan eng muhimlari qatoriga **kolloid zarrachalarning diffuziyalanishi, Broun harakati, kolloid eritmalarning osmotik bosimi va sedimentatsiya hodisalari kiradi.**

## 6.1. Diffuziya

**Diffuziya**-issiqlik harakati ta'sirida sistemadagi molekula, ion yoki kolloid zarrachalar konsentratsiyalarining tenglashuviga olib keluvchi o'z-o'zicha boradigan jarayon.

Diffuziya qaytmas jarayondir. Diffuziya sxematik tarzda quyidagi rasmda keltirilgan:



Kolloid sistemaning quyi qismida konsentratsiya ( $C_1$ ) yuqori ya'ni,  $C_1 > C_2$ .

Diffuziya konsentratsiya yuqori bo'lgan sohadan konsentratsiya past bo'lgan soha tomon boradi. Bu jarayon  $C_1 = C_2$  bo'lguncha davom etadi.

Kolloid eritmalaridagi zarrachalarning hajmi va massasi chin eritmalaridagi zarrachalar massasidan bir necha marta katta bo'lganligi uchun kolloid eritmada zarrachalarning issiqlik harakati tezligi va demak, diffuziya tezligi ham kichik bo'ladi. Kolloid eritmalaridagi diffuziya tezligi zarracha radiusiga teskari proporsionaldir.

Diffuziya tezligi Fik aniqlagan qonuniyatlarga bo'ysunadi.

Fikning I-qonuniga muvofiq, eritmaning bir-biridan  $dx$  oraliqda turgan ikki joyi o'rtasidagi konsentratsiyalar ayirmasi  $dc$  bo'lsa, eritmaning katta konsentratsiyali joyidan kichik konsentratsiyali joyiga  $S$  yuza orqali  $dt$  sekundda o'tadigan modda miqdori (mol)  $dQ$  ni quyidagi tenglama bilan hisoblab topish mumkin:



$$dQ = -DS \frac{dc}{dx} d\tau$$

bu yerda  $\frac{dc}{dx}$  cheksiz kichik diffuziya yo'li ( $dx$ ) da konsentratsiyaning kamayishi bo'lib, u **konsentratsiya gradiyenti** deyiladi.

- $dQ$ —diffuziyalanuvchi moddaning miqdori;
- $D$ —diffuziya koeffitsiyenti;
- $S$ —diffuziya borayotgan yuza;
- $d\tau$ —diffuziyaning davom etish vaqti.

Statsionar diffuziya uchun Fikning 1-qonuni bajariladi:

$$I_{dif} = \frac{dQ}{d\tau} \cdot \frac{1}{S} = -D \frac{dc}{dx}$$

$I_{dif}$ —diffuzion oqim.

Suvda turli zarrachalar uchun diffuziya koeffitsiyenti farq qiladi:

Zarracha	Diffuziya koeffitsiyenti $D$ , $m^2/\text{sek}$
Ionlar	$\sim 10^{-8}$
Molekulalar	$\sim 10^{-9}$
Kolloid zarrachalar	$\sim 10^{-10} \div 10^{-13}$

**Fizik mohiyati:**  $D$ —diffuziya koeffitsiyenti bo'lib, gradiyent birga teng bo'lganda vaqt birligida (1 sek) yuza birligi ( $1\text{sm}^2$ ) orqali o'tgan modda miqdorini ko'rsatadi.

Ya'ni  $\frac{dc}{dx} = -1$ ,  $S=1$ ,  $\tau=1$  bo'lganda  $D=Q$  bo'ladi.

$\tau$ —diffuziyaning davom etish vaqti.

Diffuziya jarayonida konsentratsiya o'zgargan sari uning gradiyenti  $\frac{dc}{dx}$  ham o'zgaradi. U holda konsentratsiyaning vaqt

bo'yicha o'zgarishi Fikning II qonuni asosida topiladi

( $\frac{dc}{d\tau} \neq const$ ):

$$\frac{dc}{d\tau} = D \frac{d^2c}{dx^2}$$

Diffuziyaning o'lchov birligi m<sup>2</sup>/sek dir.

Agar kimyoviy potensial gradiyenti (grad  $\mu$ ) bo'lsa, diffuziya ro'y beradi:

$$\text{grad } \mu = - \frac{d\mu}{dx}$$

Suyultirilgan eritmalar uchun:  $\mu = \mu_0 + RT \ln C$

$$- \frac{d\mu}{dx} = - \frac{RT}{c} \cdot \frac{dc}{dx}$$

bu yerda  $\frac{d\mu}{dx}$  - zarrachalarning 1 moliga ta'sir etuvchi kuch.

Diffuziya koeffitsiyenti uchun Eynshteyn tomonidan 1908-yilda shar shaklidagi zarrachaga tegishli quyidagi formula chiqarilgan:

$$D = \frac{RT}{N_A} \cdot \frac{1}{6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta}; \quad k_B = \frac{R}{N_A} \quad \text{bundan } D = \frac{k_B \cdot T}{6 \pi \cdot r \cdot \eta}$$

ishqalanish koeffitsiyenti.

Bu yerda  $R=8,314$ ;  $T$ -absolyut temperatura;  $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ ;  $\eta$ -qovushqoqlik koeffitsiyenti,  $r$ -zarracha radiusi;  $k_B=1,38 \cdot 10^{-23}$ .

$D$  ni aniqlash uchun g'ovak disk va erkin diffuziya usulidan foydalaniladi.

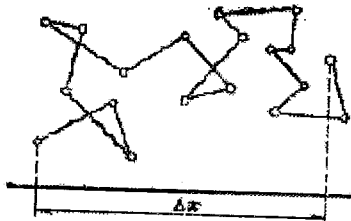
Yuqoridagi formuladan muhit temperaturasining ko'tarilishi bilan diffuziya tezligining ortishi, muhit qovushqoqligining ortishi bilan diffuziya tezligining kamayishi ko'rinib turibdi. Zarracha radiusi va muhitning qovushqoqligi ma'lum bo'lsa, bu formula yordamida diffuziya tezligini hisoblab chiqarish mumkin va aksincha diffuziya tezligi ma'lum bo'lsa, kolloid zarrachalarning radiusini hisoblab topish mumkin. Bu usul - **zarracha radiusini aniqlashning diffuzion usuli** deyiladi. Hozirgi vaqtda kolloid zarrachalarning radiuslarini topish uchun diffuzion metoddan keng foydalaniladi. Zarrachalarning hajmini hisoblab topgandan so'ng uni zarrachalarning zichligiga va Avogadro soniga ko'paytirib, kolloid zarrachaning molekulyar massasini aniqlash mumkin:

$$M = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho N_A$$

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

## 6.2. Broun harakati

1927-yilda ingliz botanigi R.Broun gul changining suvda muallaq (ya'ni to'xtovsiz va tartibsiz) yurgan zarrachalarini mikroskop orqali kuzatdi. Broun bu hodisani xilma-xil moddalarda kuzatib, bu tartibsiz harakat moddaning tabiatiga bog'liq bo'lmay, temperaturaga, suyuqlikka aralashgan zarrachaning o'lchamiga va suyuqlikning qovushqoqligiga bog'liq ekanligini topdi. Broun harakatining sababi uzoq vaqtgacha aniqlanmay keldi. O'tgan asrning ikkinchi yarmida gazlar kinetik nazariyasining muvaffaqiyatlari asosidagina Broun harakati sababini aniqlash mumkin bo'ldi. Bu nazariyaga muvofiq, suyuqlik molekulalari doimo harakatda bo'ladi, ular suyuqlikka tushirilgan zarrachaga kelib uriladi va uni bir tomondan ikkinchi tomonga siljitadi. Demak, *Broun harakati suyuqlik molekulalarining issiqlik harakatidan kelib chiqadi.*



Zarrachaning Broun harakati sxemasi.

Kolloid zarrachalarining harakat yo'li doimo o'zgarib turadi, ularning o'tgan yo'lini chizib borish juda qiyin.

Perren zarrachaning turgan joyi ma'lum vaqt ichida qancha o'zgarishini aniqlashni taklif qildi. Kolloid zarracha yo'lining ma'lum vaqt ichida o'zgarishi zarrachaning siljishi deyiladi.

Zarrachaning siljishi Broun harakatining qanchalik sust yoki tez bo'layotganligi haqida fikr yuritishga imkon beradi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, Broun harakati moddaning tabiatiga mutlaqo bog'liq bo'lmay, u harorat, muhitning qovushqoqligi va zarrachalar o'lchamiga qarab o'zgaradi. Dispers faza zarrachalari erituvchi molekulalarining tartibsiz kelib urilishi tufayli ham o'z harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Nisbatan mayda zarrachalarga har tarafdan kelib urilishlar soni odatda bir xil bo'lmaydi, shuning uchun zarrachalar murakkab trayektoriya bo'yicha harakat qiladi. O'lchami juda yuqori bo'lgan zarrachalarda Broun harakati kuzatilmaydi.

Broun harakatining dastlabki miqdoriy nazariyasi 1905-yilda Eynshteyn va 1906-yilda Smoluxovskiy (bir-biridan bexabar) tomonidan yaratildi.

Eynshteyn Broun harakatiga gaz qonunlarini tadbqiq etib, zarrachaning  $\Delta x$  vaqt ichida o'rtacha siljishining kvadrat qiymatini aniqlash formulasini topdi:

$$\Delta x^2 = 2D \cdot \Delta t$$

Bunda D-erigan moddaning diffuziya koeffitsiyenti bo'lib, u quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$D = \frac{RT}{N_A} \cdot \frac{1}{6\pi \cdot \eta \cdot r}$$

Agar bu formulani  $\Delta x^2 = 2D \cdot \Delta t$  ga qo'ysak,

$$\Delta x^2 = \frac{1}{3} \frac{RT}{N_A \pi \cdot r \cdot \eta} \cdot \Delta t$$

kelib chiqadi. Bu tenglama *Eynshteyn – Smoluxovskiy* tenglamasi deyiladi.

Tenglamadagi N dan boshqa barcha kattaliklarni tajribadan topish va ulardan foydalanib, Avogadro soni N ni hisoblab chiqarish mumkin. Perren bu formuladan foydalanib, mastika va gummigit suspenziyalari bilan o'tkaziladigan tajribalarning natijalari asosida Avogadro soni  $6,85 \cdot 10^{23}$  ga teng bo'lishini topdi. Fletcher yog' zarrachalari bilan o'tkazilgan 6000 ta tajribasi asosida Avogadro

soni  $6,03 \cdot 10^{23}$  ekanligini topdi, ya'ni hozirgi zamonda qabul qilingan songa ( $6,024 \cdot 10^{23}$ ) juda yaqin natija oldi. Bu hol Broun harakatining tabiati to'g'ri izohlab berilganligini yaqqol ko'rsatdi.

Broun harakatining ochilishi atom va molekularlarning haqiqatda mavjudligini tasdiqlovchi faktdir.

Broun harakatini yanada batafsil va chuqur tekshirish natijasida fluktuatsiyalar nazariyasi yaratildi. *Fluktuatsiya* deganda, ayni sistemaning mikroobyektlaridagi zichlik, konsentratsiya yoki boshqa parametrlarning o'rtacha muvozanat qiymatlaridan chetga chiqish hodisasi tushuniladi. O'rtacha qiymatdan chetga chiqishning sababi shundaki, zarrachalarning betartib harakati natijasida sistemaning mikro hajmiga kelib qoladigan zarrachalar soni ba'zan ko'p, ba'zan esa kam bo'lishi mumkin.

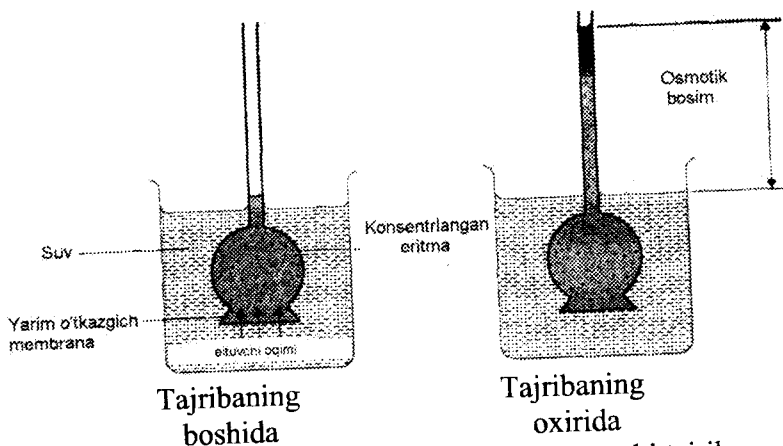
Shunday qilib, fluktuatsiya diffuziyaga qarama-qarshi jarayon bo'lib, har ikkala jarayon ham zarrachalar issiqlik harakatining oqibatidir.

Diffuziya o'z-o'zicha sodir bo'ladigan jarayon ekanligi sababli, termodinamikaning ikkinchi qonuniga muvofiq, qaytmas holda sodir bo'ladi, fluktuatsiyalarning borligi esa, termodinamikaning ikkinchi qonuni statistik xarakterga ega ekanligini, ya'ni bu qonun alohida zarracha (yoki oz sondagi zarrachalar) uchun qo'llanila olmasligini ko'rsatadi.

### 6.3. Osmotik bosim

Agar eritma bilan erituvchi orasiga erituvchi molekularlarini o'tkazadigan ammo erigan modda molekularlarini o'tkazmaydigan yarim o'tkazgich parda (membrana) qo'yilsa, u vaqtda diffuziya bir tomonlama bo'ladi.

Erituvchining yarim o'tkazgich parda orqali o'z-o'zicha o'tish jarayoni *osmos* deyiladi. Osmosni yuzaga keltiradigan kuchning yarim o'tkazgich parda sathiga nisbati *osmotik bosim* deyiladi.



Rasm. Osmotik bosimning ta'sirini ko'rsatuvchi tajriba

Osmotik bosim osmos hodisasini to'xtatish uchun ya'ni erituvchining molekularini membranadan o'tkazmaslik uchun eritmaga berilishi kerak bo'lgan tashqi bosimga teng bo'ladi:

$$\pi = \rho \cdot g \cdot h$$

Kolloid eritmalarining hajm birligida zarrachalari soni kam bo'lganligi uchun ularning osmotik bosimi juda kichik bo'ladi.

Chin eritmalar uchun osmotik bosim  $\pi = cRT$  formula yordamida, kolloid sistemalar uchun  $\pi = v \cdot k_B \cdot T$  formula bilan ifodalanadi, bu yerda

$$v = \frac{m_{g\phi}}{m \cdot V}$$

$v$ -qismaniy konsentratsiya,  $m_d$ -dispers fazaning massasi,  $m$ -kolloid zarrachaning massasi.

Osmotik bosimlari  $\pi_1$  va  $\pi_2$  bo'lgan ikkita sistema uchun bir xil temperaturada quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$\pi_1 = v_1 \frac{RT}{N}; \quad \pi_2 = v_2 \frac{RT}{N} \quad \text{u holda birinchi tenglamani ikkinchisiga}$$

bo'lib,  $\frac{\pi_1}{\pi_2} = \frac{v_1}{v_2}$  ni hosil qilamiz. Tenglamadan ko'rinib turibdiki, dispers sistemalarining osmotik bosimi faqatgina qismaniy

konsentratsiyaga bog‘liq bo‘lib, zarrachaning tabiatiga va o‘lchamiga bog‘liq emas.

#### 6.4. Sedimentatsiya

Kolloid zarrachalarning og‘irlik kuchi ta’siri ostida eritma tagiga cho‘kishi *sedimentatsiya* deyiladi. Sedimentatsiya tufayli kolloid eritmaning konsentratsiyasi o‘zgaradi. Ammo eritmada Broun harakatining mavjudligi sedimentatsiyaga qarshilik ko‘rsatadi. Kolloid zarrachaning o‘lchami qancha kichik bo‘lsa, Broun harakatining ta’siri shuncha katta bo‘ladi. Shu sababli kolloid eritmalarda sedimentatsiya nihoyatda sust bo‘ladi. Kolloid zarrachalarga markazdan qochuvchi kuch ta’sir ettirish bilan sedimentatsiyani kuchaytirish mumkin.

Sedimentatsiya - suspenziya, emulsiya, aerozollar uchun xarakterli xossadir.

Maydalangan holatda kolloid zarrachalarga ta’sir etuvchi kuchlarni qarab chiqamiz:

1) Og‘irlik kuchi-  $F_g = mg = v \cdot \rho \cdot g$  va

2) Arximed kuchi –  $F_a = v \cdot \rho_o \cdot g$

Bu yerda  $\rho$  –dispers fazaning zichligi,  $\rho_o$  – dispers muhitning zichligi.

Sedimentatsiyani chaqiruvchi kuch:

$F_{sed} = F_g - F_a = v(\rho - \rho_o)g$  yoki  $F_{sed} = m_{nisbiy} \cdot g$ . Bu yerda  $m_{nisbiy} = v(\rho - \rho_o)$ - nisbiy massa.  $F_{sed}$  va ishqalanish kuchi tenglashgan ma’lum vaqtda zarrachalar bir tekis harakatlana boshlaydilar:

$$F_{sed} = F_{ishq} = U_{sed} \cdot 6\pi r \eta$$

$U_{sed}$  - sedimentatsiya tezligi.

$F_{sed} = m_{nisbiy} \cdot g$  va  $F_{sed} = U_{sed} \cdot 6\pi r \eta$  tenglamalarni tenglashtirib sedimentatsiya tezligini ifodalaymiz:

$$U_{sed} = \frac{m_{nisbiy} \cdot g}{6\pi r \eta} = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \rho_o) g}{6\pi r \eta} = \frac{2r^2 (\rho - \rho_o) g}{9\eta}$$

Agar zarrachaning zichligi suyuqlikning zichligidan kichik bo‘lsa (masalan; moyning suvdagi emulsiyasi) u holda  $(\rho - \rho_o) < 0$  va

$U_{sed} < 0$  bo'ladi hamda zarracha cho'kmasdan suzib yuradi. Aksincha bo'lganda esa zarrachalar cho'kadi.

Yuqoridagi tenglamadan ko'rinib turibdiki, zarrachaning cho'kish tezligi ularning tabiatiga bog'liq bo'lmasdan, zarrachaning o'lchamiga, zarracha va muhitning zichligiga va muhitning qovushqoqligiga bog'liq.

Agar cho'kish tezligini tajribada aniqlash mumkin bo'lsa, u holda zarrachalarning radiusi

$$r = \sqrt{\frac{U_{sed} \cdot 9\eta}{2(\rho - \rho_0)g}}$$

formula yordamida osongina topiladi. Shunday qilib,  $\eta$ ,  $g$ ,  $\rho$ ,  $\rho_0$  lar sistemani xarakterlaydi, ammo disperslikka bog'liq emas. U holda yuqoridagi tenglamani

$$r = \sqrt{U_{sed}}$$

ko'rinishida yozish mumkin bo'ladi.

Bu tenglama Stoks qonuni bajarilganda, aynan quyidagi hollarda to'g'ri bo'ladi:

- Zarrachalar shar shaklida bo'lganda;
- Zarrachalar doimiy tezlikda, bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda laminar harakat qilganda;

## 6.5. Donanning membrana muvozanati

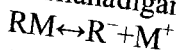
Odatda, chin eritmalarining osmotik bosimini o'lchashda devorlari yarim o'tkazuvchi pardadan iborat bo'lgan idishga eritma solinib, idish toza erituvchiga masalan, suvga botiriladi.

Yarim o'tkazgich pardaning bir tomonida eritma, ikkinchi tomonida toza erituvchi bo'ladi, lekin kolloid eritmaning osmotik bosimini o'lchashda o'tkazgich parda (membrana) ning bir tomonida bir yoki bir necha elektrolit eritmasi bo'ladi. Elektrolit membrananing ikkala tomoniga tarqala oladi. Shuning uchun kolloid eritmaning osmotik bosimi faqat kolloid zarrachalar konsentratsiyasigagina emas, balki elektrolitning ikki tomoniga qanday taqsimlanganligiga ham bog'liq. Agar elektrolit ikkala tomonga birdek taqsimlansa, kolloid eritmaning osmotik bosimi

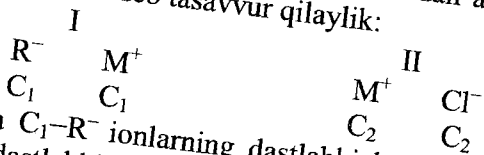


faqat kolloid zarrachalar konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi; bu holda elektrolit borligini nazarga olmaslik mumkin.

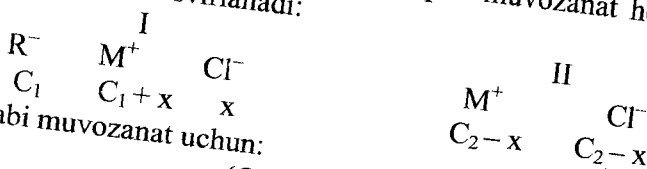
Donnanning fikricha, elektrolit membrananing ikkala tomoniga bir xilda tarqalmaydi; bir tomonda ko'p, ikkinchi tomonda kam bo'lishi mumkin. Masalan, kolloid eritma membrananing bir tomoniga joylashgan bo'lsa, membrana shu xususiyatga egaki, o'zi orqali kolloid eritmani o'tkazmaydi, lekin elektrolitni bemalol o'tkazaveradi. Masalani soddalashtirish maqsadida kolloid eritmani kolloid elektrolit RM eritmasi deb qaraylik; bu elektrolit kolloid anionga va metall kationga dissosilanadigan bo'lsin:



Membrananing ikkinchi tomoniga haqiqiy elektrolit, masalan, MCl eritmasini solaylik. Jarayon boshlanishidan avval sistemaning tarkibini quyidagicha deb tasavvur qilaylik:



Bu yerda  $C_1-R^-$  ionlarning dastlabki konsentratsiyasi,  $C_2-Cl^-$  ionlarning dastlabki konsentratsiyasi.  $M^+$  va  $Cl^-$  ionlar membrananing I tomonidan II tomoniga va II tomonidan I tomoniga o'ta boshlaydi; lekin  $R^-$  - anionlari har doim I tomonda qolaveradi.  $M^+$  va  $Cl^-$  ionlarning harakati asta-sekin muvozanat holatiga keladi; uunda membrananing u tomonidan bu tomoniga, bu tomondan u tomoniga o'tadigan ionlar soni vaqt birligida bir-biriga teng bo'lib oladi. Ikkinchi tomondan birinchi tomonga o'tgan  $M^+$  va  $Cl^-$  ionlarning miqdorini  $x$  deb olaylik, u vaqtda muvozanat holatdagi sistema quyidagicha tasvirlanadi:



Bu kabi muvozanat uchun:

$$(C_1 + x)x = (C_2 - x)^2$$

ani yozish mumkinligi aniqlandi va quyidagi xulosalarga erindi: 1) MCl elektrolit membrananing ikkala tomoniga bir xilda tarqalmaydi; 2) kolloid eritma joylashgan tomonda elektrolit konsentratsiyasi kamroq bo'ladi; 3) MCl elektrolit membrananing

ikkala tomoniga baravar taqsimlanmagani uchun eritma qo‘shimcha osmotik bosim (Donnanning osmotik bosimi) va elektr potentsiallar ayirmasi (membrana potensial) vujudga keladi.

Agar yuqoridagi tenglamadan  $x$  ni topsak, quyidagi ifoda chiqadi:

$$x = \frac{C_2^2}{C_1 + 2C_2} \quad \text{yoki} \quad \frac{x}{C_2} = \frac{C_2}{C_1 + 2C_2}.$$

bu tenglama Donnan tenglamasi nomi bilan yuritiladi.

Agar elektrolit konsentratsiyasi  $C_2$  kolloid eritma konsentratsiyasi  $C_1$  ga qaraganda kichik bo‘lsa, ya‘ni  $C_2 < C_1$  bo‘lsa, u holda

$\frac{C_2}{C_1 + 2C_2}$  nisbat nolga yaqin bo‘lganidan, elektrolit II tomondan I

tomonga deyarli o‘tmaydi. Agar  $C_2 > C_1$  bo‘lsa, ya‘ni kolloid eritma konsentratsiyasiga qaraganda elektrolit konsentratsiyasi ortiq

bo‘lsa,  $\frac{C_2}{C_1 + 2C_2}$  nisbat  $\frac{1}{2}$  ga yaqin bo‘ladi. U holda elektrolit ikkala

tomonga qariyb baravar tarqaladi. Agar  $C_2 = C_1$  bo‘lsa, u holda

$x = \frac{C_2}{3}$  ga tengdir:  $x = \frac{C_2^2}{C_1 + 2C_2} = \frac{C_2^2}{C_2 + 2C_2} = \frac{C_2}{3}$ . Demak,  $C_2 = C_1$

bo‘lganida membraning II tomondan I tomoniga dastlab olingan elektrolit ionlarining uchdan bir qismi o‘tadi.

### ***Mavzuni mustahkamlash uchun savollar***

1. Diffuziya nima va u qanday xarakterga ega?
2. Diffuziya tezligi qanday qonunlarga bo‘ysunadi?
3. Diffuziya koeffitsiyentining fizik mohiyatini tushuntirib bering.
4. Zarracha radiusini aniqlashning diffuziya usulini izohlab bering.
5. Broun harakati nima va u qanday tabiatga ega?
6. Broun harakatidagi zarrachaning o‘rtacha kvadratik silji nimalarga bog‘liq?
7. Eynshteyn-Smoluxovski tenglamasini tushuntirib bering.
8. Fluktuatsiya nima?
9. Osmos hodisasini tushuntirib bering. Osmotik bosim degan nima tushunasiz? Osmotik bosim qanday parametrlarga bog‘liq?

10. Nima uchun kolloid sistemalar uchun osmotik bosim  $\pi = \nu \cdot k_B \cdot T$  formula bilan ifodalanadi?

11. Sedimentatsiya nima? Uning biologik ahamiyati haqida gapirib bering.

12. Sedimentatsiya tezligi qaysi formula yordamida aniqlanadi? Sedimentatsiya tezligi nimalarga bog'liq?

13. Kolloid sistemalar molekulyar – kinetik xossalarning biologik ahamiyatini tushuntirib bering.

14. Kolloid zarrachaning o'lchami dispers sistemalarning molekulyar-kinetik xossalriga qanday ta'sir ko'rsatadi?

15. Molekulyar-kinetik xossalriga asoslanib kolloid zarrachalarning o'lchamini aniqlash mumkin bo'lgan usullarni sanab bering va izohlang.

### Masalalar

1. "Kongo qizili"ning suvdagi eritmasida konsentratsiya gradiyenti  $0,5 \text{ kg/m}^3$  ga teng; 2 soat ichida  $25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  sirt orqali  $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$  modda o'tgan. Diffuziya koeffitsiyenti topilsin.

Yechish: Fik qonuni  $dQ = -DS \frac{dc}{dx} d\tau$  ni  $\Delta Q = DS [\text{grad} \cdot C] \Delta \tau$  shaklida ko'chirib yozamiz. Bu yerda  $\Delta Q$ -modda massasi,  $S$ -sirt,  $\Delta \tau$ -vaqt,  $[\text{grad} \cdot C]$ -konsentratsiya gradiyenti  $\frac{dc}{dx}$ . Endi  $D$  ni hisoblaymiz:

$$D = \frac{\Delta Q}{S [\text{grad} \cdot C] \cdot \Delta \tau} = \frac{4,9 \cdot 10^{-7}}{25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 3600 \cdot 2} = 5,4 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

2. Kumush yodid zolida diffuziya koeffitsiyenti  $D = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ ; eritmaning qovushqoqlik koeffitsiyenti  $\eta = 10^{-3} \frac{\text{Hc}}{\text{M}^2}$ ; temperatura  $298^0 \text{ K}$  bo'lganida kumush yodid zarrachasining radiusi topilsin.

Yechish: Diffuziya koeffitsiyenti uchun chiqarilgan formula

$D = \frac{RT}{6\pi \cdot r \cdot \eta}$  dan  $r$  uchun ifoda tuzamiz:

$$r = \frac{RT}{6D \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{1,38 \cdot 10^{23} \cdot 298}{6 \cdot 1,2 \cdot 10^{-10} \cdot 3,14 \cdot 10^{-3}} = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ m yoki } 1,8 \text{ nanometr.}$$

3. Aerozoldagi zarracha radiusi  $10^{-8}$  m, muhit qovushqoqligi  $1,9 \cdot 10^{-7}$  Ns/m bo'lsa, zarrachaning 15 sekund ichida  $298^{\circ}\text{K}$  dagi o'rtacha siljishi topilsin.

Yechish: Enshteyn-Smoluxovskiyl tenglamasi  $\Delta x^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{RT \cdot \Delta \tau}{N \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}$

ni  $\Delta x^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{RT \cdot \Delta \tau}{\pi \cdot \eta \cdot r}$  shaklida ko'chirib yozamiz. Bundan  $\Delta x^2$  ni topamiz:

$$\Delta x^2 = \frac{T \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 298 \cdot 15}{3 \cdot 3,14 \cdot 1,9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-8}} = 3,45 \cdot 10^{-6} \text{ m,}$$

4. Oltinning kolloid eritmasi berilgan. Zarrachalar radiusi  $r = 10^{-9}$  m, eritma qovushqoqligi  $10^{-8}$  Ns/m<sup>2</sup>. Bu eritmada zarrachalarning  $20^{\circ}\text{C}$  dagi diffuziya koeffitsiyenti topilsin.

Yechish: Diffuziya koeffitsiyenti  $D = \frac{RT}{6\pi \cdot \eta \cdot r}$  tenglama asosida

topiladi.

$$D = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-9}} = 2,15 \text{ m}^2 / \text{c,}$$

5. Oltin zolining 1 litrida 10 g oltin bor; bu kolloid eritmaning  $27^{\circ}\text{C}$  dagi osmotik bosim topilsin. Zolning solishtirma massasi 2 ga teng deb, oltin zarrachalarining har bir qirrasini 20 nanometrga teng kub deb olinsin.

Yechish: Eng avval 10 g oltinning eritmada egallagan hajmini hisoblab chiqaramiz: buning uchun 10 ni 2 ga bo'lamiz:  $10:2 = 5 \text{ sm}^3$  yoki  $5 \cdot 10^{21}$  nanometr<sup>3</sup>.

So'ngra har qaysi zarrachaning hajmini topamiz: bu hajm  $20^3 \text{ nm}^3 = 8000 \text{ nm}^3 = 8 \cdot 10^3 \text{ nm}^3$  bo'ladi. Shundan keyin barcha zarrachalarning sonini ( $v$ ) ni topamiz. Buning uchun barcha zarrachalar egallagan hajmini bir zarracha hajmiga bo'lamiz:

$$v = \frac{5 \cdot 10^{21}}{8 \cdot 10^3} = 6,3 \cdot 10^{17}. \text{ Endi } p = \frac{v \cdot RT}{V \cdot N} \text{ formuladan foydalanib,}$$

kolloid eritmaning osmotik bosimini hisoblab topamiz:

$$p = \frac{6,3 \cdot 10^{17}}{1000} \cdot \frac{62360 \cdot 300}{6 \cdot 024 \cdot 10^{23}} \cong 0,02 \text{ mm.simaust.}$$

Shunday qilib, bu kolloid eritmaning osmotik bosimi 0,02 mm sim. ust ga teng ekanligini ko'ramiz.

6. Agar diffuzion – sedimentasion muvozanat o'rnatilgandan so'ng 293 K da  $h=8,56$  sm balandlikda zarrachalarning konsentratsiyasi bir marta o'zgarsa, oltin gidrozoli zarrachasining radiusini aniqlang. Oltinning zichligi  $\rho = 19,3 \text{ g/sm}^3$  ga, suvning zichligi  $\rho_0 = 1 \text{ g/sm}^3$  ga teng.

Yechish: Diffuzion-sedimentatsion muvozanat o'rnatilganda balandlik bo'yicha zarrachalarning taqsimlanishi gipsometrik tenglama bilan ifodalanadi:

$$\ln \frac{v_h}{v_0} = -\frac{V_g(\rho - \rho_0)h}{k_b \cdot T}$$

$V_g$ -zarrachaning hajmi shar shaklidagi zarrachalar uchun

$$V_g = \frac{4}{3}\pi r^3 \text{ ga teng. Masala shartiga ko'ra } v_h = \frac{v_0}{l} \text{ va } \ln\left(\frac{v_h}{v_0}\right) = -1;$$

Bularni inobatga olsak,

$$r = \sqrt[3]{\frac{3k \cdot T}{4\pi gh(\rho - \rho_0)}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{4 \cdot 3,14 \cdot 9,81 \cdot 8,56 \cdot 10^{-2} (19,3 - 1) \cdot 10^{-3}}} = 3,98 \text{ nm}$$

7. Agar zarrachaning solishtirma sirti  $S_{\text{sol}}=2,7 \cdot 10^5 \text{ m}^2/\text{kg}$  ga teng bo'lsa, 293,2 K da 30% li  $\text{SiO}_2$  gidrozolining osmotik bosimini hisoblang.  $\text{SiO}_2$  gidrozoli zarrachalarining zichligi  $\rho = 2,2 \text{ g/sm}^3$ , muhitning zichligi  $\rho_0 = 1 \text{ g/sm}^3$  ga teng.

Yechish: Dispers sistemalar uchun osmotik bosim quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$\pi = \nu kT = \frac{C}{m} K T$$

$C$ -zarrachaning massaviy konsentratsiyasi;  $m$  bitta zarrachaning massasi.

Dispers fazaning massaviy konsentratsiyasini hisoblaymiz:

$$C = \frac{0,3}{\frac{0,3}{\rho} - \frac{0,3}{\rho_0}} = \frac{0,3}{\frac{0,3}{2,2 \cdot 10^3} - \frac{0,7}{10^3}} = 358,7 \text{ kg/m}^3$$

Shar shaklidagi zarrachaning massasi  $m = \frac{1}{6}\pi d^3 \rho$  formula

bo'yicha hisoblanadi: Demak,  $S_{sol} = \frac{6}{d\rho}$  u holda zarraning diametri:

$$d = \frac{6}{S_{sol} \cdot \rho} = \frac{36\pi}{S_{sol}^3 \cdot \rho^2} = \frac{36 \cdot 3,14}{(2,7 \cdot 10^3)^3 \cdot (2,2 \cdot 10^3)^2} = 1,19 \cdot 10^{-21} \text{ kg ga teng bo'ladi.}$$

Osmotik bosimni hisoblaymiz:

$$\pi = \frac{358,7 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293,2}{1,19 \cdot 10^{-21}} = 1,22 \cdot 10^3 \text{ n/m}^2$$

8. Ultrasentrifugalash metodi bilan olingan tajriba ma'lumotlari asosida metanoldagi poliamidning molekulyar massasini aniqlang. Eritmaning cheksiz aralashtirib eritish sedimentatsiya konstantasi  $S_0 = 1,95$ ; tenglama konstantasi  $K = 1,86 \cdot 10^{-2}$ ;  $b = 0,47$  ga teng.

Yechish:

$$\lg MM = \frac{\lg S_0 - \lg k}{b} = \frac{0,29 + 1,73}{0,47} = 4,297 \text{ dan } MM = 19900$$

9. Agar 60 minut vaqtda zarracha  $h = 10^{-2}$  m ga cho'ksa,  $\text{SiO}_2$  zarrachasining o'lchamini hisoblang. Dispers fazaning zichligi  $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , muhitning zichligi  $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , muhitning qovushqoqligi  $\eta = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{sek}$ .

$$\text{Yechish: } r = \sqrt{\frac{9\eta U}{2(\rho - \rho_0)g}}; \quad U = \frac{h}{\tau} = \frac{10^{-2}}{3600} \text{ m/sek};$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}{2(2,7 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^3) \cdot 9,81 \cdot 3600}} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

10. Gidrozol zarrachaning radiusi  $r = 50 \text{ nm}$ , tajriba harorati 293 K, muhitning qovushqoqligi  $\eta = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{sek}$  bo'lsa,  $\tau = 10$  sek vaqtda o'rtacha kvadratik siljishini va diffuziya koeffitsiyentini hisoblang.

$$\text{Yechish: } \Delta^2 = 2D\tau; \quad D = \frac{kT}{6\pi\eta r} \text{ dan}$$

$$D = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-9}} = 4,29 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{sek}$$

$$\bar{\Delta} = \sqrt{2Dr} = \sqrt{2 \cdot 4,29 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 9,26 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 9,26 \text{ mkm}$$

11. Agar sentrifugada AgCl zoli zarrachalarining cho'kishi 10 minutni tashkil etsa, AgCl zoli zarrachalarining radiusini aniqlang. Dastlabki sath  $h_1=0,09\text{m}$ ; oxirgi sath  $h=0,14\text{m}$ ; dispers fazaning zichligi  $\rho = 5,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; dispersion muhitning zichligi  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; sentrifuganing aylanish chastotasi  $U=1000$ ; qovushqoqlik  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{sek}$ .

Yechish: Zarrachaning radiusini hisoblaymiz:

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-3}}{2(\rho - \rho_0)\omega^2} \cdot \frac{\ln(h_2/h_1)}{t}}$$

Burchakli tezlik  $\omega = 2\pi n / 60$  bu yerda aylanish chastotasi

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000}{60} = 105 \text{ sek}^{-1}$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 4,6 \cdot 10^3 \cdot 105^2} \cdot \frac{\ln 0,14 / 0,09}{10 \cdot 60}} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ m};$$

## VII. KOLLOID ERITMALARNING AGREGATIV BARQARORLIGI. KOAGULYATSIYA

### 7.1. Kolloid eritmalarning agregativ barqarorligi

Kolloid eritmalar termodinamik beqaror sistemalardir. Kolloid eritmalaridagi zarrachalarning sirti katta bo'lganligi bois, dispers faza – suyuqlik chegarasida fazalararo erkin sirt energiyasi hosil bo'ladi. Natijada kolloid sistemalar o'z barqarorligini oshirish uchun fazalararo sirt energiya miqdorini oshirib fazalararo energiya miqdorini kamaytirishga intiladi. Mazkur sharoitlardan birontasi o'zgarganida zolning mitsellalari bir-biri bilan to'qnashib, katta zarrachalar hosil qiladi. Kolloid zarrachalarning katta agregatlarga birikish jarayoni *koagullanish* deyiladi.

1917-yilda Peskov dispers sistemalar barqarorligini 2 ga bo'ladi:

1. Sedimentatsion (kinetik) barqarorlik;
2. Agregativ barqarorlik.

*Kinetik barqarorlik* – bu dispers sistemalarning og'irlik kuchi ta'siriga nisbatan barqarorligidir. Bu barqarorlik turi Broun harakati tufayli disperslangan zarrachalarning og'irlik kuchiga qarshilik ko'rsatish xususiyati yoki zoldan mitsellaning ajralishiga sabab bo'ladigan markazdan qochuvchi kuchlar paydo bo'lishi intensivlanish kuchayishi bilan tushuntiriladi.

Dag'al dispers sistemalar (masalan, chang yoki qumning suvdagi suspenziyasi) ning zarrachalari og'ir bo'lib, deyarli issiqlik harakatini hosil qila olmasligi uchun sedimentatsion beqaror bo'lib, cho'kib qoladi. Aksincha, yuqori dispers sistemalar (gazlar, chin eritmalar) yuqori kinetik barqarorlikka ega bo'lgani uchun, ularga issiqlik harakati va diffuziya hodisasi xos. Kolloid sistemalar (aerozollar, liozollar) barqarorligiga ko'ra oraliq o'rinni egallaydi.

Broun harakati yuqori darajadagi dispers zarrachalar diffuzion harakati kabi, butun hajm bo'yicha konsentratsiyaning tenglashishiga olib keladi. Lekin ancha qalin bo'lgan qavatlarda to'liq tenglashish ro'y bermaydi. Bu yerda og'irlik kuchining diffuziya kuchiga qarshi ta'siri natijasida qandaydir muvozanat holat yuzaga



keladi va u pastki qavatlardan yuqori qavatlarga qarab konsentratsiyaning bosqichma-bosqich kamayishi bilan xarakterlanadi. Bu sedimentatsion muvozanatdir. U sedimentatsiya va diffuziya tezliklarining tengligi bilan xarakterlanadi, bunda bir vaqt birligi ichida bir yuza birligi orqali pastga cho'kayotgan zarrachalar, diffuzion to'liqin orqali yuqoriga ko'tarilayotgan zarrachalar soniga teng bo'ladi (turli konsentratsiyalar kuchi orqali). Zarrachalarning balandlik bo'yicha tarqalishi P.Laplas tomonidan ishlab chiqilgan gipsometrik yoki barometrik qonunga bo'ysunadi:

$$h = \frac{RT \ln \frac{C_1}{C_2}}{Mg}$$

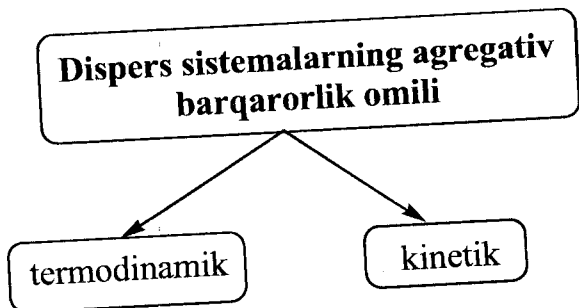
bu yerda  $C_1$  – dispers sistemaning boshlang'ich davrdagi konsentratsiyasi,  $C_2$  – bu sistemaning  $h$  balandlikdagi konsentratsiyasi,  $M$  – moddaning molekulyar massasi,  $g$  – erkin tushish tezlanishi.

Kolloid sistemalar suspenziyalaridagi kinetik barqarorlikning omillariga Broun harakatidan tashqari, disperslik va dispers sistemaning qovushqoqligi va boshqalar kiradi. Bu yerda zarrachalarning qavatlanishiga ko'proq disperslik ta'sir ko'rsatadi. Kolloid sistemalar odatda turli o'lchamdagi zarrachalardan iborat bo'ladi, shuning uchun ular polidispers sistemalar hisoblanadi. Agar bunday polidispers sistemaga biror bir doimiy kuch (yerning tortishish kuchi, markazdan qochish kuchi) ta'sir qiladigan bo'lsa, bunda bir xil o'lchamdagi zarrachalar bir xil tezlikda cho'kadi, lekin katta o'lchamdagilar eng tez, kichik o'lchamdagilar esa eng sekin cho'kadi. Bundan ko'rinib turibdiki, o'rtacha o'lchamdagi zarrachalar muvozanat vaqtida eritmaning yuqori qismida pastki qismiga qaraganda kamroq bo'ladi. Bundan tashqari, zarrachalar qanchalik kichik bo'lsa, muvozanat qaror topishi uchun ko'p vaqt kerak bo'ladi. Zarrachalarning cho'kish tezligi ularning diametrining kvadratiga to'g'ri proporsionaldir.

Dag'al dispers sistemalarda muvozatga kelish tezligi nisbatan yuqori va muvozanat bir necha daqiqa yoki soat davomida o'rnatiladi. Nozik dispers sistemalarda u kichik bo'lib, muvozanatga kelish uchun yillar yoki hatto bir necha o'nlab yillar ketadi. Nozik dispers sistemalarda amalda hech qachon sedimentatsion ajralish

kuzatilmaydi, chunki odatdagi saqlash sharoitlarida mexanik qo'zg'alish, harakatning tabiiy o'zgarishlari va unga bog'liq bo'lgan konvension oqimlar sedimentatsion muvozanatning qaror topishiga halaqit beradi.

Dispers sistemalarning agregativ barqarorligi dispers sistemaning o'ziga xos disperslik darajasini saqlash ya'ni koagulyatsiyaga uchramaslik xususiyatidir.



Agregativ barqarorlik bu - ma'lum sistemani tashkil qilgan mitsellalarning u yoki bu o'lchamda disperslik darajasini saqlash xususiyatidir. Bu barqarorlik turini bir tomondan kolloid zarrachalarning zaryadi bilan, ya'ni ularga bog'liq holda ular tufayli, ikkinchi tomondan esa kolloid zarrachalar atrofida erituvchi molekulalarining solvatlangan qobiqlari bilan qalin bog'langan bo'lishi orqali tushuntirish mumkin.

B.V. Deryaginning tekshirishlariga binoan, solvatlangan qobiqlar o'zining qayishqoqligi va yuqori qovushqoqligi tufayli zarrachalarning yopishib qolishiga to'sqinlik qiladi, ya'ni «ajratuvchi» ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun, agregativ barqarorlik omillari kinetik barqarorlik omillaridan farqlanadi. Bu farq quyidagidan iborat: temperaturaning oshishi, zarrachalarning cho'kishiga to'sqinlik qilsa, ularning yiriklashishiga yordam beradi, agar Broun harakati intensivligining oshishi zarrachalarning cho'kishiga to'sqinlik qilsa, zarrachalarning o'zaro yopishib birikishi Broun harakatidagi to'qnashuvlar natijasida vujudga keladi.

Suspenziyada va emulsiyalarda zarrachalarning o'lchamlari 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 sedimentatsion jihatdan barqaror emas. Demak, dag'al dispers sistemalar sedimentatsion barqaror bo'lmagan mikrogeterogen sistemalaridir.

Kolloid eritmalarning disperslik darajasi yuqori bo'lganidan ularning mitsellalari o'z-o'zicha harakat qila oladi, ya'ni kolloid eritmalarda diffuziya sodir bo'ladi. Shuning uchun kolloid eritmalar sedimentatsion jihatdan barqarordir. Lekin kolloid eritmadagi zarrachalar har xil ta'sirlar ostida bir – biri bilan birikib, yiriklasha oladi va kolloid sistemalarning disperslik darajasi kamayadi. Natijada sistema o'z barqarorligini yo'qotadi. Shuning uchun kolloid sistemalar agregativ barqaror bo'lmagan mikrogeterogen sistemalaridir.

Chin eritmalar esa agregativ va sedimentatsion barqaror gomogen sistemalaridir.

Agregativ barqarorlikning sababi 2 ta:

1. Kolloid zarrachalar bir xil zaryadga ega bo'ladi;
2. Kolloid zarrachani erituvchining molekullari qurshab olib, zarracha atrofida solvat qobiqlar hosil qiladi.

**Sistemaning agregativ barqarorligi zol tarkibiga, uning zarrachalari tuzilishiga va kolloid eritma qanday holatda ekanligiga bog'liq.** Dispers sistemaning sedimentatsion (kinetik) barqarorligi dispers faza zarrachalarining og'irlik kuchi ta'sirida dispersion muhitdan ajralmaslik qobiliyatini ko'rsatadi.

**Agregativ barqarorlik** – kolloid (dispers) sistemalarning vaqt davomida disperslik darajasini ya'ni zarrachasining o'lchamini va individualligini o'zgartirmasdan saqlash xususiyati.

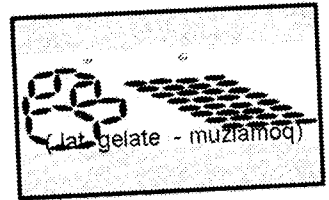
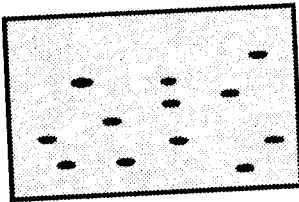
Agregativ barqarorlik buzilganda koagulyatsiya sodir bo'ladi.

## 7.2.Koagulyatsiya

Koagulyatsiya – zarrachalarning yopishib katta agregatlarlar hosil qilishidir.

*Koagulyatsiya*  
zol  $\longleftrightarrow$  gel  
*peptizatsiya*

eritma



Koagulyatsiya natijasida sistema o'zining sedimentatsion barqarorligini yo'qotadi, chunki zarrachalar juda kattalashadi va Broun harakatida ishtirok eta olmaydi. Koagulyatsiya o'z-o'zidan boradigan jarayondir. Chunki u fazalararo sirt yuzani kamaytiradi va bu esa o'z navbatida erkin sirt energiyaning kamayishiga olib keladi.

**I. Agregativ barqarorlik** – dispers faza zarrachalarining yopishishga qarshilik ko'rsatish xususiyati.

Agregativ barqarorlik kriteriyalari:

- Ion qobiq ya'ni qo'sh elektr qavatning mavjudligi; **qo'sh elektr qavat adsorbsion + diffuzion qavatlar**
- Erituvchining solvat (gidrat) qobig'ining mavjudligi (solvat qobiq qancha ko'p bo'lsa, kolloid eritma shuncha barqaror bo'ladi);
- Granulaning  $\zeta$  – potensial kattaligi;
- Harorat.

**Sedimentatsion barqarorlik diffuziyaga va Broun harakatiga bog'liq.**

Suspenziya va emulsiyalarda zarrachalarning o'lchamlari 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 sedimentatsion jihatdan beqaror mikroeterogen

sistemalardir. 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 sedimentatsion jihatdan barqarordir. Ammo ular agregativ beqaror mikroheterogen sistemalardir.***

## ***II. Sedimentasion (kinetik) barqarorlik kriteriyalari:***

- Broun harakati;
- Disperslik darajasi;
- Dispersion muhitning qovushqoqligi ( $\eta$  qancha katta bo'lsa, barqarorlik ham shuncha yuqori bo'ladi);
- Harorat (harorat qancha yuqori bo'lsa, kolloid eritma shuncha barqaror bo'ladi).

***Chin eritmalar agregativ va sedimentatsion barqaror gomogen sistemalardir.***

Liofob dispers sistemalar (zollar, suspenziyalar, emulsiyalar) agregativ barqaror bo'lib, ular ortiqcha Gibbs sirt energiyasiga ega bo'ladi.

## ***Dispers sistemalarning sedimentatsion barqarorligi***

***Sedimentatsion barqarorlik*** – dispers sistemalarning vaqt birligida butun hajm bo'yicha zarrachalarining taqsimlanishini o'zgarmasdan saqlash xususiyatlaridir.

Sistemaning sedimentatsion barqarorligini baholash uchun quyidagi xarakteristikalarini bilish zarur:  $r$ -dispers faza zarrachasining radiusi;  $\rho$ -zarrachaning zichligi;  $\rho_0$  – dispers muhitning zichligi;  $\eta$  – dispersion muhitning qovushqoqligi;  $V$  – zarrachaning hajmi.

Arximed qonuniga ko'ra sistemada har bir zarrachaning og'irlik kuchi ta'sir qiladi:

$$F = mg = V\rho g$$

$g$ -erkin tushish tezlanishi.

Zarrachaning effektiv massasi:

$$m^1 = V(\rho - \rho_0)$$

Agar  $(\rho - \rho_0) > 0$  ya'ni  $\rho > \rho_0$  bo'lsa zarracha cho'kadi, agar  $\rho < \rho_0$  bo'lsa zarracha suzib yuradi.

$\rho > \rho_0$  deb qabul qilamiz. U holda dispers faza zarrachasi og'irlik kuchi ta'sirida cho'kadi:

$$F_{ced} = m^1 \cdot g = V(\rho - \rho_0) \cdot g$$

Zarracha cho'kayotganida unga dispersion muhit qovushqoqligi ( $\eta$ ) qarshi ta'sir ko'rsatadi (ishqalanish kuchi). Ishqalanish kuchi zarrachaning harakat tezligiga to'g'ri proporsional:

$$F_{ishqalanish} = B \cdot U_{sed}$$

$V$  – ishqalanish cho'kish tezligi

$U_{sed}$  – zarrachaning cho'kish tezligi

Shunday qilib ishqalanish kuchi qancha katta bo'lsa, cho'kish tezligi ham shuncha katta bo'ladi. Natijada  $F_{sed} = F_{ishqalanish}$  o'zgarmas rejim qaror topadi va zarracha o'zgarmas tezlik bilan cho'kadi.

$$V(\rho - \rho_0) \cdot g = B \cdot U_{sed} \text{ dan } U_{sed} = \frac{V(\rho - \rho_0) \cdot g}{B}$$

Ko'p hollarda sedimentatsiya jarayonining xarakteristikasi sifatida  $U_{sed}$  emas, balki sedimentatsiyaning solishtirma oqimi  $I_{sed}$  tushunchasi ishlatiladi:

$$I_{sed} = U_{sed} \cdot C$$

$C$  – dispers sistemada zarrachaning konsentratsiyasi  
Yuqoridagi tenglamaga bu qiymatni qo'yib

$$i_{sed} = \frac{V(\rho - \rho_0) \cdot g}{B} \cdot C \text{ ga ega bo'lamiz.}$$

Shunday qilib, sedimentatsiyaning solishtirma oqimi  $V$ ,  $C$ ,  $(\rho - \rho_0)$  ga to'g'ri  $V$  ga teskari proporsionalligi kelib chiqadi.

Sferik zarracha uchun  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ , Stoks tenglamasi bo'yicha

ishqalanish koeffitsiyenti  $B = 6\pi\eta r$ . Bu qiymatlarni o'rniga qo'ysak

$$i_{sed} = \frac{2r^2(\rho - \rho_0) \cdot g \cdot C}{9\eta} \text{ tenglama hosil bo'ladi.}$$

Biroq biz bu yerda hozirgacha Broun harakatini inobatga olmadik. Biz bilamizki, Broun harakati oqibatida diffuziya sodir bo'ladi. Natijada butun hajmda zarrachalar konsentratsiyasi bir xil

bo'lishga intiladi. Shunday qilib sistemada 2 ta qarama-qarshi oqim yuzaga keladi:

- Sedimentatsiya oqimi  $i_{sed}$ ;

- Diffuziya oqimi  $i_{dif}$

$i_{dif} = \frac{1}{S} \cdot \frac{dm}{d\tau} = -\frac{dc}{dx}$  D tenglamaga muvofiq  $i_{dif} = -D \left( \frac{dc}{dh} \right)$  bu yerda

$$D = \frac{kT}{B}$$

Uch xil variant bo'lishi mumkin:

$$1. \frac{i_{\bar{n}\bar{a}\bar{a}}}{i_{\bar{a}\bar{e}\bar{o}}} \gg 1 \text{ ya'ni } i_{sed} \gg i_{dif} \text{ u holda } \frac{4\pi^3(\rho - \rho_0) \cdot gc}{3B} \gg -\left(\frac{kT}{B}\right) \frac{dc}{dh}$$

Bu holda sedimentatsiya juda tez sodir bo'ladi. Sistema esa sedimentatsion beqaror bo'ladi.

$$2. \frac{i_{\bar{n}\bar{a}\bar{a}}}{i_{\bar{a}\bar{e}\bar{o}}} \ll 1 \text{ ya'ni } i_{sed} \ll i_{dif} \text{ yoki } \frac{4\pi^3(\rho - \rho_0) \cdot gc}{3B} \ll -\left(\frac{kT}{B}\right) \frac{dc}{dh}$$

Dispers sistema sedimentatsion barqaror bo'ladi.

$$3. \frac{i_{\bar{n}\bar{a}\bar{a}}}{i_{\bar{a}\bar{e}\bar{o}}} \approx 1 \text{ ya'ni } i_{sed} \approx i_{dif} \text{ yoki } \frac{4\pi^3(\rho - \rho_0) \cdot gc}{3B} \approx -\left(\frac{kT}{B}\right) \frac{dc}{dh}$$

Sistema sedimentatsion – diffuzion muvozanat holatida bo'ladi.

Bu tenglamani integrallab, o'zgaruvchilarni bo'lsak (ajratsak):

$$\frac{4}{3} \pi^3 (\rho - \rho_0) \cdot g \cdot dh = -kT \left( \frac{dc}{c} \right);$$

$$-\int_{c_0}^{c_h} d \ln C = \int_{h=0}^h \left( \frac{4\pi^3(\rho - \rho_0)g}{3kT} \right) dh;$$

$$-\int_c^{c_0} d \ln C = A \int_{h=0}^h dh$$

Bu yerda  $C_0$ -zarrachaning konsentratsiyasi;  $S_h$ -idish tagidan  $h$  balandlikda zarracha konsentratsiyasi

$$\ln \left( \frac{C_0}{C_h} \right) = A \cdot h; \quad S_h = C_0 \exp[-Ah]; \quad n_h = n_0 \cdot e^{-Ah}$$

Bu **Laplas –Perrenning gipsometrik qonuni** deyiladi.

Bu holda sistema sedimentatsion barqaror. Ammo undagi zarrachalar tekis taqsimlanmagan muvozanat holida bo'ladi. Bu taqsimlanish  $10^{-5} < r < 10^{-3}$  sm bo'lganda kuzatiladi.

Shunday qilib dispers sistemalarning sedimentatsion barqarorligi dispers faza zarrachalarining o'lchami bilan aniqlanadi:

- Liofob zollar ( $10^{-7}$  -  $10^{-5}$  sm) sedimentatsion barqaror bo'lib, ular sistemaning butun hajmida zarrachalarning tekis taqsimlanishini diffuziya hodisasi ta'minlaydi.

- Mikroheterogen sistemalar ( $10^{-5}$  -  $10^{-3}$  sm) da sedimentatsion - diffuzion muvozanat o'rnatiladi, ular uchun zarrachalarning butun hajmda gipsometrik taqsimlanishi xarakterlidir.

- Dag'al dispers ( $10^{-3}$  sm dan katta) sistemalar-sedimentatsion beqaror sistemalaridir.

### ***Kolloid eritmalar barqarorligining asosiy omillari***

- $\zeta$  - potensial kattaligi;
- Termodinamik potensial ( $\varphi$ ) kattaligi;
- Diffuzion qavat qalinligi;
- Granula zaryadining kattaligi.

### ***Koagulyatsiyaning 2 xil bosqichi bo'ladi:***

1-bosqich-**yashirin koagulyatsiya**. Bu bosqichda zarrachalar kattalashadi, ammo sedimentatsion barqarorligini yo'qotmaydi.

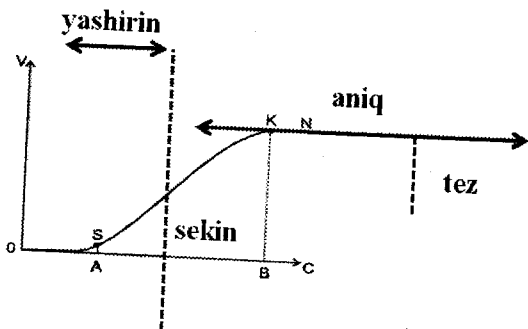
2-bosqich. **Ochiq (aniq) koagulyatsiya**. Bu bosqichda zarracha o'zining sedimentatsion barqarorligini yo'qotadi. Agar zarrachaning zichligi dispersion muhitning zichligidan katta bo'lsa, cho'kma hosil bo'ladi.

### ***Koagulyatsiyaning sabablari:***

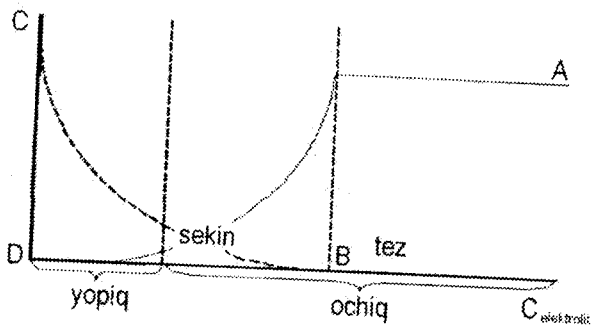
- Haroratning o'zgarishi;
- Elektr va elektromagnit maydon ta'siri;
- Yorug'lik nurining ta'siri;
- Elementlar zarrachalarning (nurlar) ta'siri;
- Mexanik ta'sirlar;
- Elektrolitlar qo'shish va boshqalar;

Elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiya katta amaliy qiziqish uyg'otadi.





Yoki



Koagulyatsiya tezligining va  $\zeta$ -potensial (CB) ning elektrolit konsentratsiyasi bilan bog'liqligi

Rasmdan ko'rinib turibdiki, elektrolitning dastlabki porsiyasi (ulushi) zolda ko'z bilan ko'rib bo'ladigan o'zgarish hosil qilmaydi. Bu **yopiq koagulyatsiya** deyiladi. Elektrolit konsentratsiyasini oshirib borib, koagulyatsiyaning rivojlanishini ko'rishimiz mumkin. Natijada zol ko'z bilan ko'rib bo'ladigan o'zgarishlarga uchraydi: loyqalanadi yoki rangini o'zgartiradi. Bu vaqtda  $\zeta$ -potensial kamayadi. Bu bosqich **ochiq koagulyatsiya** deyiladi. Yopiq koagulyatsiyadan ochiq koagulyatsiyaga o'tish **koagulyatsiya bo'sag'asi** deyiladi. Ochiq koagulyatsiya o'z navbatida ikki bosqichga bo'linadi:

- Sekin koagulyatsiya (elektrolit konsentratsiyasi har safar oshirilganda koagulyatsiya tezlashadi);

• Tez koagulyatsiya (elektrolit konsentratsiyasining oshirilishi koagulyatsiya tezligiga bog'liq bo'lmaydi. Ya'ni koagulyatsiya maksimal tezlikda boradi).

**Koagulyatsiya bo'sag'asi**—1 l zolning koagulyatsiyasiga uchrashi uchun sarflanadigan elektrolitning eng kam miqdori

$$\gamma = \frac{C \cdot V}{V_0}$$

$\gamma$  – koagulyatsiya bo'sag'asi, mol/l;  
 $C$  – elektrolit konsentratsiyasi, mol/l;  
 $V$  – elektrolit eritmasining hajmi, l;  
 $V_0$  – zolning hajmi, l.  
 Elektrolitning koagullash xususiyati:

$$p = \frac{1}{\gamma}$$

**Shuls-Gardi qoidasi:** turli zaryadli ionlarning koagullovchi ta'siri ular ion zaryadlarining oltinchi darajasiga to'g'ri proporsional.

**Granula (-):**

$$P(\text{Al}^{3+}) : P(\text{Ca}^{2+}) : P(\text{K}^+) \approx 3^6 : 2^6 : 1^6 \approx 729 : 64 : 1$$

$$\gamma(\text{Al}^{3+}) : \gamma(\text{Ca}^{2+}) : \gamma(\text{K}^+) \approx \frac{1}{3^6} : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{1^6}$$

**Granula (+):**

$$P(\text{PO}_4^{3-}) : P(\text{SO}_4^{2-}) : P(\text{Cl}^-) \approx 3^6 : 2^6 : 1^6$$

$$\gamma(\text{PO}_4^{3-}) : \gamma(\text{SO}_4^{2-}) : \gamma(\text{Cl}^-) \approx \frac{1}{3^6} : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{1^6}$$

### 7.3. Koagulyatsiya qoidasi

1. Barcha kuchli elektrolitlar zolga qo'shilganda koagulyatsiya boshlanishi uchun kerak bo'lgan elektrolitning minimal konsentratsiyasi koagulyatsiya bo'sag'asi (ostonasi) deyiladi. Ba'zan koagulyatsiya bo'sag'asi o'rniga koagulyatsiyalanish deyiladi. Ba'zan koagulyatsiya bo'sag'asi o'rniga koagulyatsiyalanish xususiyati (1 mol elektrolit ta'sirida koagulyatsiyalanuvchi zolning hajmi) tushunchasi ishlatiladi:

$$V_K = \frac{1}{C_K} \text{ yoki } C_K = \frac{C_{3n} \cdot V_{3n}}{V_{30n} + V_{el}}$$

$C_K$  – koagulyatsiya bo'sag'asi

Demak, koagulyatsiya bo'sag'asi qancha kichik bo'lsa, elektrolitning koagullovlashi xususiyati shuncha yuqori bo'ladi.

2. Hamma elektrolitlar ham koagullovlashi ta'sirga ega emas. Faqatgina granulaning zaryadiga qarama-qarshi zaryadli ionlar koagullovlashi xususiyatga ega bo'ladi va ular koagulyant ionlar deyiladi.

3. Ion-koagulyantning koagullash xususiyati.

Ionning zaryadi qancha katta bo'lsa ion koagulyantning koagullash xususiyati shuncha yuqori bo'ladi va shunchalik koagullash bo'sag'asi kichik bo'ladi. Bu qonuniyat miqdoriy jihatdan Shulze-Gardi qoidasi bilan ifodalanadi:

$$C_K^I : C_K^{II} : C_K^{III} = 1 : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{3^6} \text{ yoki } C_K = \alpha \frac{1}{Z^6}$$

$Z$  – ion koagulyantning zaryadi;

$C_K^I, C_K^{II}, C_K^{III}$  – bir, ikki, uch zaryadli ion-koagulyantning koagulyatsiya bo'sag'asi.

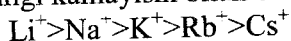
4. Bir xil zaryadli ionlarning radiuslari qancha katta bo'lsa uning koagullovlashi xususiyati shuncha katta bo'ladi. Shuning uchun organik ionlarning koagullovlashi xususiyati noorganik ionlarning koagullovlashi xususiyatidan yuqori bo'ladi. Bir zaryadli noorganik kationlarning koagullash xususiyati quyidagi qatorda kamayib boradi:



Bu qator liotrop qator deyiladi.

***Ion koagulyantning konsentratsiyasi ortishi bilan zol mitsellasi dzeta-potensial kamayadi. Dzeta-potensial 0,025-0,04 V (0 gacha emas) gacha kamayganda koagulyatsiya boshlanadi.*** Bir zaryadli ba'zi organik ionlarning koagullovlashi xususiyati ikki zaryadli noorganik ionlarnikidan katta bo'ladi, bu ularning kuchli spetsifik adsorbilanuvchanligi bilan tushuntiriladi.

5. Bir xil zaryadli anorganik ionlarning koagullash xususiyati ularning gidratlanuvchanligi kamayishi bilan ortadi:



6. Deryagin-Landau qonuni: kolloid zarrachalarning elektr potentsiali o'rtacha qiymatga ega bo'lgan hollarda elektrolit ionining koagullash chegarasi  $z^6$  ga bog'liq ravishda o'zgaradi:

$$\gamma = \frac{\text{const} \cdot \varepsilon^2 (kT)^3}{A^2 \cdot e^6 z^6},$$

bunda  $z$ —koagulyatsiyani amalga oshiruvchi ionning zaryadi;  $\text{const}$ —ma'lum konstanta;  $\varepsilon$ —erituvchining dielektrik konstantasi;  $A$ —Van-der-Vaals kuchlariga oid kattalik (konstanta);  $k$ —Bolsman konstantasi;  $e$ —elektronning zaryadi;  $\gamma$ —elektrolitning koagulyatsiya qilish konsentratsiyasi.

### 7.4. Elektrolitlar bilan koagullash kinetikasi

Koagulyatsiya tezligi kolloid sistema zarrachalarining Broun harakatiga, ularning o'zaro ta'siriga va sistema zarrachalarining dastlabki konsentratsiyasiga bog'liq. Koagulyatsiya 2 xil bo'ladi: tez va sekin koagulyatsiya.

Agar 2 ta zarracha bir-biri bilan bir marta to'qnashgandayoq o'zaro birikib, yirikroq zarracha hosil qilsa bunday koagulyatsiya tez koagulyatsiya deyiladi va uning tezligi kolloid zarrachalarning Broun harakati intensivligiga bog'liq bo'ladi, lekin qo'shiladigan koagullovchi elektrolit konsentratsiyasiga bog'liq emas. Agar koagulyatsiya tezligi koagullovchi elektrolit konsentratsiyasiga bog'liq bo'lsa, bunday koagulyatsiya — **sust koagulyatsiya** deyiladi.

Zigmondi koagulyatsiyaning miqdoriy xarakteristikasi sifatida koagulyatsiya tezligi tushunchasini kiritishni taklif etdi. Koagulyatsiya tezligi  $\mathcal{G}$ -sistema hajmi o'zgarmas bo'lganida vaqt birligida kolloid zarrachalar konsentratsiyasining o'zgarishi:

$$\mathcal{G} = -\left(\frac{dc}{dt}\right)$$

$c$ —zarrachalar konsentratsiyasi;  $t$ —vaqt.

Tenglama oldidagi “-” ishorasi vaqt davomida zarracha konsentratsiyasining kamayishini ko'rsatadi.

Koagulyatsiyaning darajasi:

$$\alpha = \frac{Z_{\text{eff}}}{Z}$$

$Z$  – vaqt birligida to‘qnashgan zarrachalarning umumiy soni;

$Z_{\text{eff}}$  – effektiv to‘qnashishlar soni (to‘qnashishlar koagulyatsiyaga olib keladi).

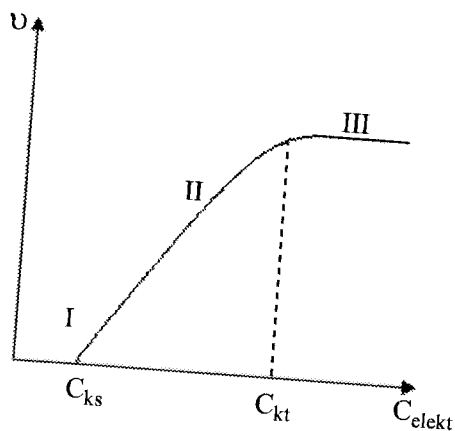
• Agar  $\alpha = 0$  bo‘lsa koagulyatsiya sodir bo‘lmaydi, eritma agregativ barqaror.

• Agar  $\alpha = 1$  bo‘lsa tez koagulyatsiya sodir bo‘ladi, har bir zarracha to‘qnashishi ularning o‘zaro yopishishiga (koagulyatsiyasiga) olib keladi.

• Agar  $0 < \alpha < 1$  bo‘lsa, sekin koagulyatsiya, faqatgina ba’zi to‘qnashuvlarga koagulyatsiyaga sabab bo‘ladi.

Zarrachalar to‘qnashganda yopishishi, sharga o‘xshab sochilib ketmasligi uchun koagulyatsiyaning potensial to‘sig‘i ( $\Delta U_K$ ) ni yengishi kerak bo‘ladi. Demak, kolloid zarracha ushbu to‘siqni yengishi uchun zarur bo‘lgan kinetik energiyaga ega bo‘lganida koagulyatsiya sodir bo‘ladi. Koagulyatsiya darajasini oshirish uchun potensial to‘siqni kamaytirish kerak bo‘ladi. Bunga zolga koagulyant – elektrolit qo‘shish bilan erishish mumkin.

Elektrolit konsentratsiyasi bilan koagulyatsiya tezligi orasidagi bog‘liqlik grafigi quyidagi rasmda berilgan:



I-soha. Yashirin koagulyatsiya sohasi;  
 II-soha. Ochiq koagulyatsiya sohasi; Koagulyatsiya sekin boradi.

III-soha- bu sohada koagulyatsiya tezligi o'zgarmaydi. Dzeta-potensial bu sohada 0 ga teng bo'ladi. Koagulyatsiyaning tezligi maksimal bo'ladi.

Grafikdan uchta soha ko'rinib turibdi:

I.  $\vartheta = -\frac{dc}{dt} = 0$ ,  $\alpha = 0$ , demak, kinetik energiya  $kT \ll \Delta U_K$  (k-

Bolsman doimiysi)-liofob zol agregativ barqaror.

II.  $\vartheta = -\frac{dc}{dt} > 0$ ;  $0 < \alpha < 1$ ;  $kT \leq U_K$  demak, koagulyatsiyaning

potensial to'sig'i katta, ammo kolloid zarrachaning kinetik energiyasini taqqoslab, buning ustiga shu bilan birga elektrolit - koagulyant konsentratsiyasini oshirib uni kamaytirish mumkin bo'ladi, bu holda koagulyatsiya tezligi ortadi.  $C_{KS}$ -sekin koagulyatsiya bo'sag'asi;  $C_{KT}$ -tez koagulyatsiya bo'sag'asi. Bu soha egri chizig'i  $\vartheta = f(c)$ ;  $\alpha = f(c)$ ;  $\Delta U_K = f(c)$  bilan ifodalanadi. Bu sohada sekin koagulyatsiya kuzatiladi.

III.  $\vartheta = -\frac{dc}{dt} > 0$ ;  $\vartheta \neq f(c)$ ;  $\alpha = 1$ ;  $kT \gg U_{\Delta K}$

Har bir to'qnashuv zarrachalarning yopishishiga olib keladi va koagulyatsiya tez boradi.

## 7.5. Tez koagulyatsiya

Tez koagulyatsiya nazariyasini Smoluxovskiy yaratgan. U koagulyatsiya tezligi konstantasi formulasini quyidagicha yozdi:

$$K = \frac{1}{\tau} \cdot \left( \frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} \right)$$

$n_0$  - sistemaning hajm birligida zarrachalarning koagulyatsiyaga bo'lgan soni;

$n$  - koagulyatsiya boshlanganda  $\tau$  vaqtdan keyingi vaqtdagi zarrachalarning konsentratsiyasi.

Koagulyatsiya tezligi konstantasi zarrachaning diffuziya koeffitsiyentiga va ularning radiuslariga bog'liq:

$$K=8 \cdot \pi \cdot D \cdot r$$

Yuqoridagi va Enshteyn  $\left( D = \frac{RT}{N_A} \frac{1}{6\pi\eta \cdot r} \right)$  tenglamalarini inobatga olsak, koagulyatsiya tezlik konstantasining oxirgi tenglamasi

$$K = \frac{4 \cdot R \cdot T}{3 \cdot \eta \cdot N_A} \text{ hosil bo'ladi.}$$

Smoluxovskiy koagulyatsiya yarim vaqti tushunchasini ham kiritdi:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{\tau}{Q}} \text{ yoki } \frac{n_0}{n} = 1 + \frac{\tau}{Q}$$

Q-yarim koagulyatsiya vaqti, sek  $\tau$ -koagulyatsiya boshlangan vaqt  
 Sekin koagulyatsiya tenglamasini N.Fuks yaratdi. U koagulyatsiya kinetik tenglamsiga energetik to'siqni inobatga oluvchi  $\Delta U_K$  kattalikni kiritdi.

$$k_{sek,koagul} = k_{tez,koagul} \cdot P \cdot e^{-\frac{\Delta U_K}{KT}}$$

P-sterik omil.

## 7.6. Liofob zollarning barqarorlik omillari

Barqarorlik omili yoki sekinlatish koeffitsiyenti W-sekin koagulyatsiya tezligi tez koagulyatsiya tezligidan necha marta kichik ekanligini ko'rsatadi:

$$W = \frac{k_{tez,koagul}}{k_{sekin,koagul}} = \frac{1}{P \cdot e^{-\frac{\Delta U_K}{KT}}}$$

Barqarorlik omillari 5 ta bo'lib, ulardan birinchi ikkitasi asosiy rol bajaradi.

- Barqarorlikning elektrostatik omili. Bu omil dispers faza sirtida qo'sh elektr qavat va dzeta-potensial borligi bilan tushuntiriladi.

- Adsorbsion-solvat omili. Bu omil dispers faza zarrachaarining dispersion muhit bilan ta'sirlashuvi natijasida sirt taranglikning kamayishi bilan tushuntiriladi. Stabilizator sifatida kolloid SAM ishlatiladi.

- Tuzilish-mexanik omil. Bu omil dispers faza zarrachalarining elastiklik va mexanik mustahkamlik beruvchi plyonka hosil qilishi bilan tushuntiriladi. Bu plyonka (yupqa qavat)ni buzish uchun vaqt va energiya sarflanadi. Bu barqarorlik omili stabilizator sifatida YuMB lar ishlatilganda amalga oshadi.

- Entropiya omili. Koagulyatsiya zarrachalar soni demak, entropiya ( $\Delta S < 0$ ) kamayishi bilan sodir bo'ladi. Termodinamikadan ma'lumki, bu erkin energiyaning oshishiga ( $\Delta G > 0$ ) olib keladi. Shuning uchun sistemada zarrachalar bir-biridan qochadi va sistemaning butun hajmi bo'yicha tekis (xaotik) taqsimlanadi.

- Hidrodinamik omil.

### 7.7. Liofob zollarning barqarorlik omili – DLFO nazariyasi

Hozirgi zamon barqarorlik nazariyasi Deryagin, Landau, Fervey va Overbeklar tomonidan yaratilgan.

Kolloid zarrachalar bir-biriga yaqin joylashganida diffuzion qavatni to'sib qo'yishadi va ta'sirlashadi. Natijada yupqa suyuq qatlam hosil bo'ladi. Tadqiqotlarning ko'rsatishicha ushbu yupqa qavatga zarrachalar yaqinlashganida ular suyuqlikdan oqib chiqadi. U vaqtda suyuq qatlam yanada noziklashadi (qalinligi 100-200 nm dan kichik bo'ladi).

Sistemaning boshqa hajmidagi (atrofidagi) suyuqlikning xossalari bu yerdagi suyuqlikning xossalari tubdan farq qiladi. Bu qatlamda qo'shimcha bosim paydo bo'ladi. Bu bosim "Yorilib chiqqan bosim" deyiladi.

Yorilib chiqqan bosimning yupqa (nozik) qavatda yuzaga kelishi 2 omil bilan tushuntiriladi:



• Qatlam (qavat)dagi elektrostatik ta'sirlashuv—bu  $U_{\text{itarilish}} > 0$  energiyali itarilish kuchidir;

•  $U_{\text{tort}} < 0$  energiyali Van-der-Vaals tortishish kuchlaridir.

Zarracha orasidagi natijaviy energiya.  $U$  har ikki tashkil etuvchilar yig'indisidir:

$$U = U_{\text{itar}} + (-U_{\text{tort}}) = U_{\text{itar}} - U_{\text{tort}}$$

Agar  $(U_{\text{itar}}) > (U_{\text{tort}})$  bo'lsa itarilish kuchlari ustunlik qiladi va zol agregativ barqaror bo'ladi. Teskari holda koagulyatsiya sodir bo'ladi.

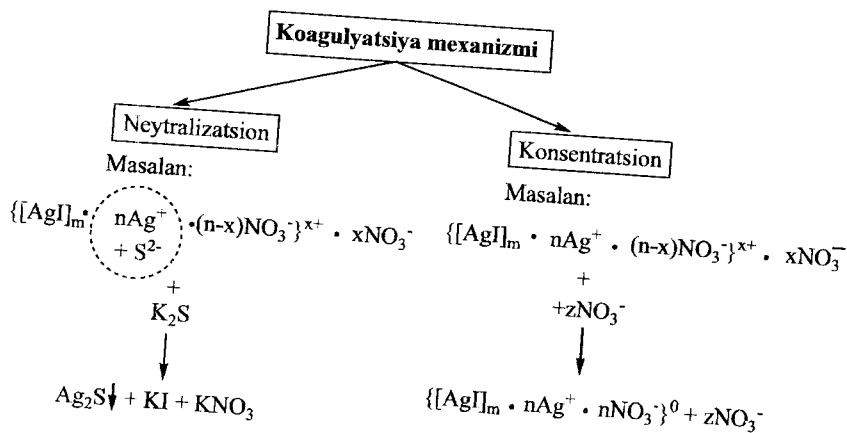
## 7.8. Elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiya turlari

Zollarning elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiyasi 2 xil bo'ladi:

- Konsentratsion koagulyatsiya;
- Neytralizatsion koagulyatsiya.

### 7.8.1. Konsentratsion va neytrallovchi koagulyatsiya

Zolga elektrolit ta'sir ettirilganda konsentratsion va neytralizatsion koagulyatsiya ro'y beradi.



Konsentratsion koagulyatsiya elektrolitlar ta'sirida boshlanadi. Elektrolitlar ion-stabilizatorlar bilan kimyoviy ta'sirlashmaydi va

mitsella yadrosining sirt zaryadini o'zgartirmaydi. Berilgan mitsellaning qarama-qarshi ionlariga ega bo'lgan elektrolitlar koagullovchi xususiyatga ega bo'ladi. Sxemaga qarang.

Konsentratsion koagulyatsiyada fazalararo potensial  $\varphi$  o'zgarmaydi, ammo elektrokinetik potensialning kamayishi kuzatiladi.

Konsentratsion koagulyatsiya indifferent elektrolit ta'sirida qarama-qarshi zaryadli diffuzion qavatning siqilishi va dzeta-potensialning kamayishi natijasida sodir bo'ladi.

Neytralizatsion koagulyatsiya potensial belgilovchi ionlar bilan kimyoviy ta'sirlashadigan elektrolitlar ta'sirida boradi. Ushbu elektrolitlar PBI bilan ta'sirlashib puxta birikmalar (masalan, cho'kma) hosil qiladi va yadro sirtidagi zaryadni kamaytiradi. Masalan, AgI ning kolloid eritmasiga  $K_2S$  qo'shilganida koagulyant ion  $S^{2-}$  bilan PBI  $Ag^+$  orasida reaksiya boradi va  $Ag_2S$  cho'kmaga tushadi, bu esa AgI mitsellasining buzilishiga olib keladi (sxemaga qarang).

PBI ( $Ag^+$ ) ni reaksiyaga kirishishi (bog'lanishi) natijasida fazalararo potensial  $\varphi$  va yadro zaryadini kompensatsiya qiluvchi qarama-qarshi zaryadli ionlar ( $NO_3^-$ ) ning soni kamayadi. Bu esa zarrachalarning cho'kishiga olib keladi.

Qo'shilayotgan  $NO_3^-$  ionlarining konsentratsiyalarining oshirilishi diffuzion qavatdagi qarama-qarshi zaryadli ionlarni adsorbsion qavatga "itarib kirgizadi". Bu vaqtda diffuzion qavat siqiladi va hattoki, diffuzion qavat yo'qolib granula elektroneytral bo'lib qoladi.

Neytralizatsion koagulyatsiya zolga noindifferent elektrolit qo'shilganda sodir bo'ladi. Bu vaqtda potensial belgilovchi ionlar kam eriydigan moddaga bog'lanadi. Bu esa termodinamik potensial kattaligining keskin kamayishi oqibatida dzeta-potensialning 0 ga tenglashishiga olib keladi.

## 7.8.2. Elektrolitlar aralashmasi ta'siridagi koagulyatsiya

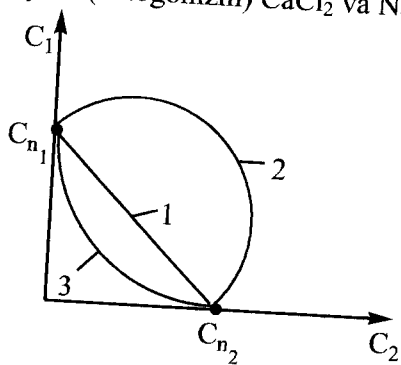
Elektrolitlar aralashmasi ta'siridagi koagulyatsiya muhim amaliy ahamiyatga ega.

Ikki elektrolit aralashmasi zolga ta'sir ettirilganda 3 xil holat bo'lishi mumkin:

- Additiv (elektrolitlar bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda ta'sir etadi);
- Sinergizm (bir-birining koagullovchi xususiyatini oshiradi);
- Antogonizm (bir elektrolit boshqasining koagullash xususiyatini kamaytiradi).

Kolloid eritmalariga elektrolitlar aralashmasi qo'shilganda 3 hol bo'lishi mumkin:

- 1) Bir elektrolitning koagulyatsiyalash qobiliyati ikkinchi elektrolitnikiga qo'shiladi (additivlik); KCl va NaCl.
- 2) Bir elektrolitga ikkinchi elektrolit qo'shilganda birinchi elektrolitning koagulyatsion ta'siri kuchayadi (sinergizm yoki sensibilizatsiya).  $\text{CaCl}_2$  va LiCl.
- 3) Bir elektrolitning koagulyatsiyalash ta'siri boshqa elektrolit qo'shilganda kamayadi (antogonizm)  $\text{CaCl}_2$  va NaCl.



Koagulyatsiya konsentratsiyasining elektrolit aralashmasi tarkibiga bog'liqligi

**Koagulyatsiyaning muhim qoidalari:**

- 1) Zolga ma'lum miqdor elektrolit qo'shilganida kolloid sistemalar koagulyatsiyalanadi.

2) Har qaysi kolloid eritma “koagulyatsiya chegarasi” deb ataladigan miqdordagi elektrolit ta’siridan koagulyatsiyaga uchraydi.

3) Koagulyatsiya kolloid sistemaning “izoelektrik holatiga” yaqin sharoitdan boshlab sodir bo’ladi.

4) Kolloid zarracha ishorasiga qarama-qarshi zaryadli ion koagulyatsiyani paydo qiluvchi ion hisoblanadi.

5) Ionlarning valentligi ortishi bilan koagullash ta’siri kuchayadi.

Deryagin-Landau-Fervey-Overbek (DLFO) nazariyasiga muvofiq koagulyatsiyaning sodir bo’lishi 2 kuchga bog’liq;

1) Van-der-Vaals tortishish kuchlari;

2) Zarrachalar orasidagi o’zaro elektrostatik itarilish kuchlari.

DLFO nazariyasi tez koagulyatsiya bo’sag’asini hisoblash imkonini beradi:

$$C_{\text{tez koagulyatsiya}} = B \frac{\varepsilon(kT)^5}{A^2 \cdot e^6 \cdot z^6}$$

Bu formuladan, koagulyatsiya bo’sag’asi bilan ion-koagulyant orasidagi bog’lanish Shuls-Gardining empirik formulasiga mos keladi.

$$C_{\text{tez koagulyatsiya}} = B \left( \frac{1}{z^6} \right).$$

## 7.9. Kolloid himoya

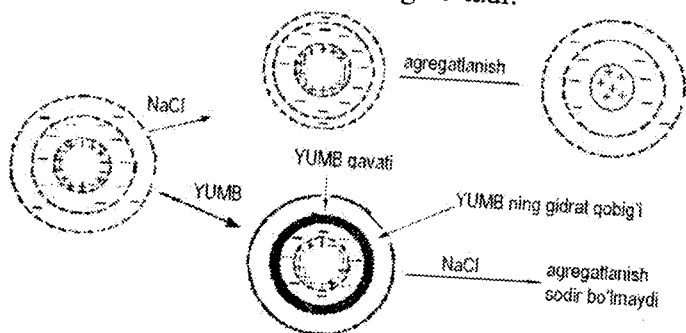
Liofob zollarning koagulyatsiyaga nisbatan barqarorligi sovun va YuMB ishtirokida ortadi.

Masalan, oqsillar, polisaxaridlar, sintetik polimerlarning suvdagi eritmaları va boshqalar liofob zollarning koagulyatsiyaga nisbatan barqarorligini oshiradi. Natijada himoya qilinayotgan zolning koagulyatsiya bo’sag’asining qiymati ortadi va Shuls-Gardi qoidasi bajarilmaydi. Bunday hodisalarga **kolloid himoya** deyiladi.

**Kolloid himoya**—lifoob zollarga yetarli miqdorda YuMB qo’shilganda zollarning agregativ barqarorligini ortishi.

YuMB larning himoya ta’siri mexanizmi shundan iboratki, zol mitsellasi atrofida elastik yuqori molekulyar birikmalardan iborat adsorbsion qavat hosil bo’ladi. Suvli eritmalarda YuMB larning difil

molekularining gidrofob (uglevodorod radikallari) qismi dispers faza zarrachalariga, gidrofil fragmenti (qutbli va ionogen guruhlar) tashqaridan suvga yo'nalgan holatda joylashadi. Natijada sistema liofillanadi va agregativ barqaror holatga o'tadi:



Himoya ta'sirining asosiy shartlari:

- Kolloid eritmaning dispersion muhitida YuMB ning yuqori eruvchanligi;
- Kolloid zarrachaga YuMB molekularining adsorbilanish xususiyati;
- Makromolekulalardan adsorbtsion qavat hosil qilish uchun mitsellaning butun sirtini qoplovchi YuMB eritmasining maqbul konsentratsiyasi.

Gidrofob zollar uchun YuMB sifatida oqsillar, uglevodlar, pektinlar, suvsiz zollar uchun –kauchuklar ishlatiladi. YuMBlarning himoya ta'siri kolloid zarracha sirtida ma'lum adsorbtsion qavat hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Zigmondi turli YuMBlarning himoya ta'sirining tavsifi sifatida oltin sonini ishlatishni taklif etdi.

**Oltin soni**–0,0006% li 10 sm<sup>3</sup> oltinning qizil zoliga 10% li 1 sm<sup>3</sup> NaCl eritmasi qo'shilganida uning ko'karishiga qarshi tura olishi uchun zarur bo'lgan YuMYu ning milligramm miqdori.

Ba'zan YuMBning himoya ta'sirining tavsifi sifatida oltin zolining o'rniga kumushning kolloid eritmasi (kumush soni), temir gidroksidning kolloid eritmasi (temir soni) va boshqalar ishlatiladi. Quyidagi jadvalda ba'zi YuMB lar uchun ushbu sonlarning qiymati keltirilgan:

### *Ba'zi YuMB larning himoya ta'siri*

Himoya modda	Son		
	Oltin	Kumush	Temir
Jelatin	0,01	0,035	5
Gemoglobin	0,03-0,07	-	-
Gummiarabik	0,5	1,25	25
Dekstrin	20	100	20
Natriy kazeinat	0,01	-	-
Kartoshka kraxmali	20	-	-
Tuxum albumini	2,5	1,5	15

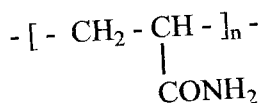
Kolloid himoya hodisasi muhim fiziologik ahamiyatga ega:

- Qondagi ko'pgina kolloidlar va zarrachalar hamda biologik suyuqliklar oqsillar yordamida koagulyatsiyadan himoya qilingan.
- Qon oqsillarini yog' tomchilari, xolesterin va boshqa gidrofob moddalar koagulyatsiyadan himoya qiladi.

Qonda oqsillar va boshqa gidrofil birikmalarning himoya xossasining kamayishi siydik kislotasi va tuzlarining cho'kishiga (podagrada), buyrakda va o't xaltada toshlar hosil bo'lishiga olib keladi.

Farmasevtika sanoatida YuMBlarning himoyalash xossasidan yuqori barqarorlikka ega bo'lgan dorivor preparatlar olishda foydalaniladi.

**Sensibilizatsiya.** Ba'zi hollarda kolloid eritmalarga kam miqdorda YuMB qo'shilganida himoya o'rniga, kolloid eritmaning barqarorligi kamayadi. Kolloid eritmaga YuMB qo'shilganida zolning koagulyatsiya bo'sag'asining pasayishi **sensibilizatsiya** deyiladi. Bu hodisa asosan zanjirining ikkala oxirida ham qutbli guruhlar saqlamagan chiziqli tuzilishli makromolekulalar (masalan, polivinil spirtlar) uchun xosdir. Uzun makromolekula zanjirlarining ikkala zarrachasi bilan birikib, uglevodorod ko'prigini hosil qiladi. Koagulyatsiyaning bu turi flokulyatsiya deyiladi va yumshoq pag'asimon zarracha – flokula hosil qiladi. Flokulyatsiyadan tabiiy va ichimlik suvlarini tozalashda foydalaniladi. Keng tarqalgan flokulyant – poliakrilamid (PAA) dir:



## VIII. LIOFIL SISTEMALAR

Ko'pchilik dispers sistemalar liofob bo'lib, ular uchun quyidagilar xarakterlidir:

- Geterogenlilik ya'ni aniq ifodalangan fazalararo chegaralarning mavjud bo'lishi;
- Dispers fazalarning yuqori maydalanganlik darajasiga ega bo'lishi;
- Dispergiyalar jarayoni o'z-o'zidan bormaydi, buning uchun energiya sarflanadi;
- Ortiqcha erkin sirt energiyaga ega bo'lishi bu koagulyatsiyaga intilishi bilan tushuntiriladi;
- Solyumobilizatsiya

Endi biz liofil sistemalar bilan tanishib chiqamiz. Liofil sistemalar liofob sistemalardan quyidagi xossalari bilan farq qiladi:

- Liofil sistemalarning hosil bo'lishi o'z-o'zidan sodir bo'ladi, ko'pincha energiya ajralib chiqadi.
- Dispers faza zarrachalari bilan dispersion muhit orasida kuchli molekulararo ta'sirlashuv kuzatiladi.
- Bunday sistemalar termodinamik barqaror bo'ladi. Bu zarrachalar o'lchami va konsentratsiyasi vaqt o'tishi bilan o'zgarmas bo'ladi.

### *Liofil sistemalarga:*

- Kolloid sirt-faol moddalar (SAM);
- Yuqori molekulyar birikmalarning (YuMB) eritmaları kiradi.

### 8.1. Sedimentatsion analiz

To'liq kinetik beqarorlikka ega bo'lgan suspenziyalarda ya'ni, yetarli darajada katta zarrachalari bo'lgan dispers sistemalarda sedimentatsiya tezligini kuzatish zarrachalarning o'lchamini nisbatan oson aniqlashga yordam beradi. Bunda qo'llaniladigan metodlar sedimentatsion analiz metodlari nomi bilan yuritiladi. Bunday suspenziyalarda bitta alohida zarrachaning cho'kishini

ko'rib chiqaylik. Zarrachaning cho'kishi og'irlik kuchi  $f$  ta'sirida yuz beradi va Arximed qonuni bo'yicha quyidagidan iborat:

$$f = V(\rho - \rho_0)g$$

bu yerda  $V$ —zarracha hajmi,  $\rho$ —zarracha moddasining zichligi,  $\rho_0$ —muhit zichligi,  $g$ —erkin tushish tezlanishi.

Cho'kishga ishqalanish kuchi  $f'$  qarshilik qiladi:

$$f' = Vu$$

bu yerda  $V$ —muhit va zarracha o'rtasidagi ishqalanish koeffitsiyenti,  $u$ —zarrachaning sedimentatsiya tezligi.

Boshlanishida zarracha tezroq harakat qiladi, chunki kichik tezlikda og'irlik kuchi ishqalanish kuchidan yuqori bo'ladi. Harakatlanish tezligi oshishi bilan ishqalanish kuchi oshib boradi va ayni bir vaqtga kelib og'irlik kuchi bilan tenglashadi, natijada zarracha doimiy tezlikda harakatlana boshlaydi. Oddiy holatda ular muvozanat holatni saqlashi kerak:

$$v(\rho - \rho_0)g = Vu \quad (3)$$

sferik zarrachalarga qo'llanganda bu tenglik quyidagicha ko'rinishga keladi

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_0)g = 6\pi\eta ru \quad (4)$$

bu yerdan zarracha sedimentatsiyasi tezligini oson topish mumkin

$$u = \frac{2r^2}{9\eta}(\rho - \rho_0)g \quad (5)$$

olingan tenglikka ko'ra, zarrachaning sedimentatsiya tezligi zarracha radiusning kvadratiga to'g'ri proporsional, muhit qovushqoqligiga teskari proporsional bo'lib,  $\rho - \rho_0$  larning farqiga ko'ra turlicha bo'ladi. Masalan,  $\rho > \rho_0$  bo'lsa cho'kish yuz beradi, agar  $\rho < \rho_0$  bo'lsa (masalan, parafinning suvdagi suspenziyasi) teskari sedimentatsiya, ya'ni zarrachalarning qaytib suv ustiga suzib chiqishi kuzatiladi.

Zarrachaning cho'kish tezligini va  $\eta$ ,  $\rho$ ,  $\rho_0$  larning qiymatlarini bilgan holda zarracha radiusini topish mumkin:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta u}{2(\rho - \rho_0)g}} = \frac{3}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\eta u}{(\rho - \rho_0)g}} \quad (6)$$

(4) tenglama suvli suspenziyalar uchun to'g'ri, (ya'ni 0,1 dan 100 mkm gacha zarrachalari bo'lgan), chunki bunday zarrachalarning cho'kish tezligining o'sish doimiy holga kelguncha



bo'lgan vaqt shunchalik kichikki, u sedimentatsion analiz natijalariga ta'sir ko'rsatmaydi.

Radiusi 100 mkm dan katta bo'lgan va odatdagi sharoitda tezroq cho'kuvchi va radiusi 0,1 mkm dan kichik bo'lgan, kinetik barqaror sistemalarda mavjud bo'lgan zarrachalar uchun bu (4) tenglama to'g'ri kelmaydi.

Endi ko'p zarrachalardan iborat bo'lgan dispers sistemalarning sedimentatsiyasini ko'rib chiqaylik. Bunday suspenziyalarda zarrachalar mutlaqo bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda cho'kadi.

Monodispers sistemalarda bir xil o'lchamdagi zarrachalarning cho'kishi bir xil tezlikda bo'lganligi uchun, cho'kish bir tekis bo'ladi. Bunda cho'kkan konsentrlangan suspenziya va shaffof muhit chegarasi ma'lum bir masofada aralashgan bo'ladi. Bu holda cho'kish tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$u = N/\tau \quad (7)$$

bu yerda  $N$ —suyuqlikning yorug'lashgan qatlami balandligi,  $\tau$ —cho'kish vaqti.

Zarracha radiusining tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$r = k\sqrt{H/\tau} \quad (8)$$

bu yerda

$$k = \sqrt{\frac{9\eta u}{2(\rho - \rho_0)g}} \quad (9)$$

bu tenglama bo'yicha suspenziyadagi zarrachalar radiusini cho'kishni vizual kuzatish natijalari orqali oson aniqlash mumkin. Monodispers suspenziyadagi sedimentatsiya tezligini biror bitta zarrachaning cho'kishini mikroskop orqali kuzatib aniqlash mumkin.

Polidispers suspenziyalarda monodispers suspenziyalardan farqli ravishda sedimentatsiya vaqtida cho'kishda cho'kayotgan qavat chegarasi notekis bo'ladi. Sababi shuki, turli radiusga ega bo'lgan zarrachalar bir vaqtning o'zida turli xil yo'lni bosib o'tadi. Shuning uchun polidispers sistemalar cho'kmaga tushish tezligiga qarab sedimentatsion usuli bilan tahlil qilinadi.

Sedimentatsiya cho'kma massasi  $m$  va cho'kish vaqti  $\tau$  o'rtasidagi bog'lanishni aniqlash uchun sedimentatsiya egri

chiziqlaridan foydalaniladi. Olingan ma'lumotlar asosida tekshirilayotgan sistemaning polidisperslik xarakteristikasi izohlanadi.

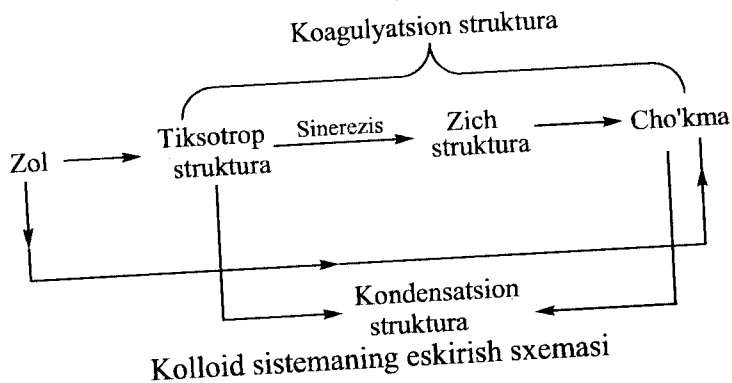
## 8.2. Dispers sistemalarning strukturlanishi

Koagulyatsiya jarayonida kolloid eritmada dispers faza  $\rho$  zarrachalariday fazoviy to'rlar (to'rlar) hosil bo'lishi kuzatiladi ya'ni struktura hosil bo'ladi.

P.A.Rebinder sistemalarning strukturlanishini 2 sinfga bo'lishni taklif etgan:

- Koagulyatsion strukturalar (tikotrop-qaytar gellar);
- Koagulyatsion strukturalar suyuq dispersion muhitli erkin dispers sistemalar uchun xosdir.
- Kondensatsion-kristallizatsion strukturalar (qaytmas buziluvchi).

**Kondensatsion – kristallizatsion strukturalar** qattiq dispersion muhitli sistemalar ya'ni bog'langan dispers sistemalar uchun xarakterlidir.



### Koagulyatsion strukturalar

Strukturalar zarrachalarning Van-der-Vaals kuchlari hisobiga dispersion muhitning nozik qatlamidan g'ovak karkas-gellardan hosil bo'ladi. Bu strukturalar uchun quyidagi xususiyatlar xos:

- Tikotropiya;

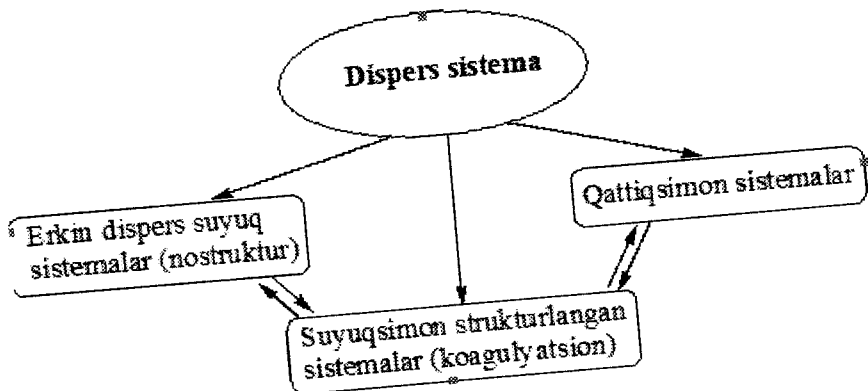
- Sinerezis;
- Mustahkamligi past;
- Bo‘kish;
- Sirg‘aluvchanlik!

Gellar hosil bo‘lish jarayoniga quyidagi omillar ta’sir etadi:

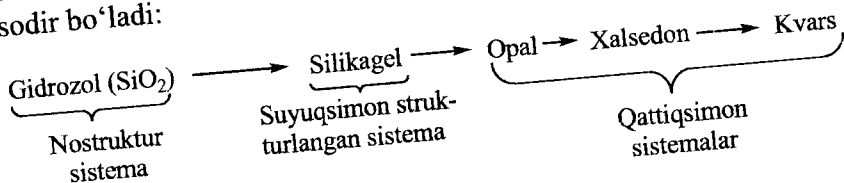
1. **Dispers faza konsentratsiyasi.** Konsentratsiyaning ortishi kontaktlar sonini va gellarning yuzaga kelish tezligini oshiradi.
2. **Zarrachaning o‘lchami.** Dispers faza zarrachalarining o‘lchami qancha kichik bo‘lsa, kontaktlar shuncha ko‘p bo‘ladi.
3. **Zarrachaning shakli.** Zarracha qancha anizodiametrik (turli yo‘nalishlarda shakli va o‘lchamlari bilan keskin farq qiladigan zarrachalar bo‘lishi) va burchakka, qirralarga ega bo‘lsa gel hosil bo‘lishi shuncha osonlashadi.
4. **Harorat.** Harorat ortishi bilan gel hosil bo‘lishi tezlashadi.
5. **Mexanik ta’sirlar.**

### 8.3. Kondensatsion – kristall strukturalar

Yuqorida ta’kidlab o‘tilganidek, bunday strukturalarning hosil bo‘lishi zarrachalar o‘rtasida bevosita kimyoviy ta’sirlashuvlar hisobiga amalga oshadi va ular bitta bo‘lib qo‘shilib puxta hajmiy strukturalar hosil qiladi. Agar zarrachalar amorf bo‘lsa, hosil bo‘ladigan strukturalar **kondensatsion**, agar zarracha qattiq bo‘lsa **kristallizatsion strukturalar** deb ataladi. Kondensatsion-kristallizatsion strukturalar tiksotropiya, sinerezis, bo‘kish xossalariga ega emas, ular uchun egiluvchan–mo‘rtlik xossasi xos. Ularning puxtaligi koagulyatsion strukturalarnikidan yuqori bo‘ladi. Tipik kondensatsion struktura bu silikat kislotalarning gelidir. Kristallizatsion struktura hosil bo‘lishi mineral moddalarning masalan, sement, gips yoki ohakning qotishida muhim ahamiyatga ega. Strukturalarning borligi yoki yo‘qligi nuqtai-nazaridan dispers sistemalar quyidagi turlarga bo‘linadi:



Kondensatsion-kristallizatsion strukturalar qattiq dispersion bog'langan dispers sistemalar uchun xos. Ular jismlarga mustahkamlik, mo'rtlik beradi va buzilgandan so'ng oldingi holatiga qaytarilmaydi. Materiallar va buyumlar yasash jarayonida koagulyatsion strukturalardan kondensatsion – kristallizatsion suyuq holatdan qattiqsimon holatga o'tish juda sekin amalga oshadi. Masalan, geologik davrlar davomida tabiatda quyidagi jarayonlar sodir bo'ladi:



### ***Tiksotropiya***

Mexanik buzilishlardan so'ng koagulyatsion strukturalarning vaqt o'tishi bilan o'zlarining dastlabki strukturalariga o'z-o'zidan o'tishi ***tiksotropiya*** deyiladi. Tiksotropiya mexanik ta'sirlashuvlar ta'sirida kechadigan qaytar jarayondir.

#### 8.4. Dispers sistemalarning struktur-mexanik xossalari

**Reologiya** – jismlarning oqish va deformatsiyalanishining asosiy qonuniyatlarini nazariy va eksperimental o‘rganadigan fandır.

Reologiya sistemaning tashqi kuchlanishlar ta‘sirida yuzaga keladigan mexanik xossalarni o‘rganadi. Kolloid kimyoda dispers sistemalarning qovushqoq – oquvchan xossalarni tekshirishda reologiya metodlaridan foydalaniladi.

Strukturalar hosil bo‘lishi va ularning xarakteri odatda sistemalarning quyidagi mexanik xossalarni o‘lchab aniqlanadi:

- Qovushqoqlik;
- Egiluvchanlik;
- Plastiklik;
- Mustahkamlik.

**Deformatsiya** termini sistema o‘zining butunligini buzmaganda holda sistema nuqtalarining nisbiy siljishini bildiradi. Deformatsiya

2 xil

- Elastik
- Qoldiq (qaytmas) bo‘ladi.

Elastik deformatsiyada jismning tuzilishi o‘zining dastlabki holatiga to‘liq qaytadi. Qoldiq deformatsiya qaytmas jarayon bo‘lib, jism o‘zining dastlabki holatiga qaytmaydi.

Deformatsiya tezligi **siljish tezligi** deyiladi. Deformatsiya tezligi

$$\gamma = \frac{d\gamma}{dt} \text{ formula bilan topiladi.}$$

Dispers sistemalarning struktur mexanik xossalarni o‘rganib, sistema struktura hosil qila oladimi va uning xarakteri qanaqa ekanligini bilish mumkin.

Reologik xossalarga qovushqoqlik va oquvchanlik kiradi.

**Qovushqoqlik ( $\eta$ )** – berilgan moddaning bir-biriga nisbatan harakatlanayotgan ikki qatlami orasidagi ichki ishqalanish koeffitsiyentidir.

**Oquvchanlik** – qovushqoqlikka teskari kattalikdir:  $\tau = \frac{1}{\eta}$

Agar qovushqoqlik suyuqlikning harakatlanishiga qarshiligini xarakterlasa, oquvchanlik–tashqi kuchlar ta'sirida harakatchanligini xarakterlaydi.

Moddaning xossalari uning tabiatiga va fizik holatiga bog'liq bo'lib, turli moddalarda turlicha namoyon bo'ladi. Qovushqoqlik molekulalararo ta'sirlashuv natijasi bo'lib, molekulalararo ta'sir tortishuv kuchlari qancha katta bo'lsa qovushqoqlik ham shuncha katta bo'ladi. Shuning uchun qutbli moddalarda qutbsizlarinikiga nisbatan qovushqoqlik katta bo'ladi.

Suyuqliklar uchun 2 xil turdagi oqim xarakterli:

- Laminar
- Turbulent

Laminar oqimda suyuqliklar bir-biriga nisbatan parallel qatlamlar ko'rinishida o'zaro aralashmasdan oqadi.

Turbulent oqim – shiddatli oqim bo'lib, quyunlashib (uyurmalanib), voronkalar hosil qilib, suyuqlik qatlamlari o'zaro aralashib oqishidir:

Reologik xossalari ko'ra sistemalar

- Suyuqsimon;
- Qattiqsimon sinflarga bo'linadi.

Suyuqliklar 2 xil:

- Nyuton suyuqligiga;
- Nonyuton suyuqliklariga bo'linadi:

Nyuton suyuqliklariga Nyuton qonuniga bo'ysunadigan suyuqliklar kiradi.

Suyuqlik qatlamlarining bir-biriga nisbatan aralashganida hosil bo'ladigan ichki ishqalanish kuchi qatlamlarning sirtiga va ushbu aralashishning nisbiy tezlik gradiyentiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$F = \eta S \frac{d\vartheta}{dx}$$

$S=1$  va  $d\vartheta/dx = 1$  bo'lganda  $F=\eta$  bo'ladi. Nyuton suyuqliklari uchun

$$\eta = \frac{P}{\frac{d\vartheta}{dx}} = const$$

Nyuton qonuni deformatsiya tezligi bilan siljish kuchlanishi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi:

$$P = \eta \left( \frac{d\gamma}{dt} \right) = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

P—siljish kuchlanishi;

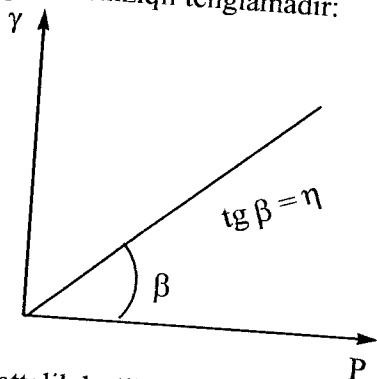
G—suyuqlikning deformatsiyasi (oqishi);

$\dot{\gamma}$ —deformatsiya tezligi;

$\eta$ —dinamik qovushqoqlik;

$\frac{1}{\eta}$  - oquvchanlik.

Quyidagi tenglama chiziqli tenglamadir:



$\eta$ —o'zgarmas kattalik bo'lib, P ga bog'liq emas.

Kapilyarlardan suyuqlikning o'tish tezligini aniqlash asosida

J.Puazeyl quyidagi empirik formulani topdi:

$$V = \frac{\pi r^4}{8l} \cdot \frac{Pt}{\eta} = K \frac{Pt}{\eta} \text{ yoki}$$

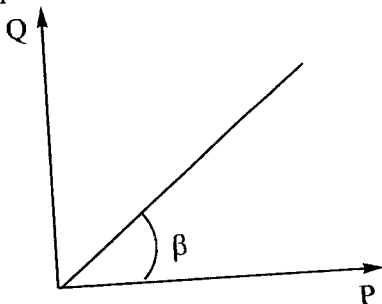
Puazeyl qonuni trubka (nay) yoki kapilyar orqali o'tayotgan suyuqlikning hajmi bilan bosim orasidagi bog'lanishni ifodalaydi:

$$Q = \frac{KP}{\eta}$$

Q—vaqt birligida suyuqlikning sarflanishi; K—trubka yoki kapillyarning geometrik parametrlarini belgilovchi konstanta;

$$K = \frac{\pi r^4}{8l}$$

Puazeyl tenglamasi laminar oqimli suyuqliklar uchun past bosimlar sohasida qo'llanila oladi:



$$\operatorname{tg}\beta = \frac{K}{\eta}; \quad \eta = \frac{K}{\operatorname{tg}\beta}; \quad \eta = K \cdot \operatorname{ctg}\beta$$

Grafikdan ko'rinib turibdiki dinamik qovushqoqlik bosimga bog'liq emas. Suyuqlik oqimi esa bosimga to'g'ri proporsional. Puazeyl tenglamasidan Nyuton suyuqliklari uchun

$$\eta = \frac{K}{V} Pt = \operatorname{const} \text{ o'rinni bo'ladi.}$$

Bu yerda  $K = \frac{\pi r^4}{8l}$  bo'lib, trubka yoki kapillyarning geometrik parametrlarini belgilovchi kattalik.

Nyuton va Puazeyl tenglamalaridan topilgan qovushqoqlik **dinamik qovushqoqlik** deyiladi. Amaliyotda nisbiy qovushqoqlik  $\eta/\eta_0$  (eritma qovushqoqligining toza erituvchi qovushqoqligiga nisbati) va solishtirma qovushqoqlik  $\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}$  (erituvchi nisbiy qovushqoqligining erigan modda kiritilishiga hisobiga ortishi) qiymatlari ishlatiladi. Nisbiy va solishtirma qovushqoqlik o'lchamsiz kattaliklardir.

Puazeyl tenglamasida V—kapillyardan oqib tushayotgan suyuqlik hajmi,  $\text{sm}^3$ ; r—kapillyar radiusi; P—suyuqlikni harakatga



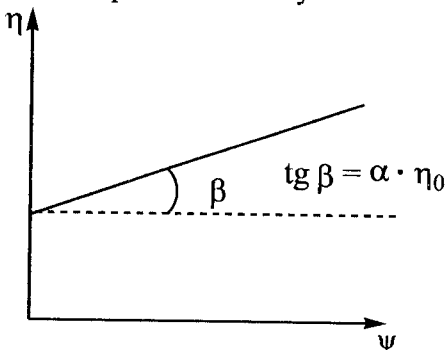
keltiruvchi kuchlar;  $t$ -suyuqlik kapillyardan oqib tushgan vaqt;  $l$ -kapillyar uzunligi, sm.

Eynshteyn qonuni tuzilishsiz suyuq dispers sistema qovushqoqligining dispers faza konsentratsiyasiga bog'liqligini ifodalaydi:

$$\eta = \eta_0(1 + \alpha \cdot \varphi)$$

$\eta_0$ —dispersion muhitning dinamik qovushqoqligi;

$\varphi$ —dispers fazaning hajmiy konsentratsiyasi;  $\alpha$ —dispers faza zarrachasining shaklini aniqlovchi koeffitsiyent.



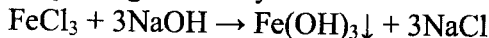
$\varphi$  – qancha katta bo'lsa, zarrachaning tormozlovchi ta'siri shuncha kuchli ifodalangan bo'ladi va qovushqoqlik ham katta bo'ladi.

Eynshteyn tenglamasi bo'yicha hisoblashlar olib borilganda shar shaklidagi zarrachalar uchun  $\alpha=2,5$ , boshqa shakldagi zarrachalar uchun  $\alpha > 2,5$  bo'lishini inobatga olish kerak bo'ladi.

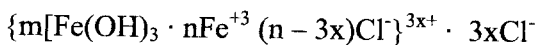
### ***Mavzuga doir masalalar yechish***

1.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zolining koagulyatsiyasini keltirib chiqarish uchun bir xil konsentratsiyali  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  va  $\text{AlCl}_3$  elektrolitlari eritmalarining qaysi biridan kamroq sarflanadi?

Yechish: Reaksiya tenglamasini yozamiz:



$\text{FeCl}_3$  mo'l miqdorda olingan vaqtda hosil bo'lgan mitsellaning formulasi



ko'rinishda bo'ladi.

Dispers sistemaning koagullanuvchi moddasi koagulyant deb, koagulyatsiyani chaqiruvchi modda koagulyator deb nomlanadi. Koagulyatsiya bo'sag'asini hisoblash uchun Deryagin va Landauning

$$\gamma = \frac{C\varepsilon^3(kT)^5}{A^2 \cdot e^5 \cdot z^6}$$

formulasidan foydalaniladi. Tenglamadan bir, ikki va uch valentli ionlar uchun  $\gamma = 1 : (1/2)^6 : (1/3)^6$  yoki  $\gamma = 1 : 0,016 : 0,0013$ .

Koagulyatsiya bo'sag'asi berilgan elektrolitga nisbatan zol barqarorligining miqdoriy xarakteristikasi bo'lib, u koagullanayotgan zolning va koagulyatorning tabiatiga va zolning konsentratsiyasiga bog'liq. Formuladan ko'rinib turibdiki, koagulyatsiya bo'sag'asi zarrachaning sirt potensialiga bog'liq emas. Ammo Van-der-Vaals doimiysi (A) ga, e ga, haroratga va koagulyator ionning valentligiga bog'liq. Yuqoridagilardan Fe(OH)<sub>3</sub> zolining koagulyatsiyasi uchun masala shartida ko'rsatilgan. Elektrolitlar eritmalaridan eng kam sarflanadigani K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] bo'lib, undan bir oz ko'proq sarflanadigani K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, so'ngra CaCl<sub>2</sub>; so'ngra KCl turadi.

2. a) A va B moddalardan gidrozol D ning hosil bo'lish reaksiyasi tenglamasini yozing.

b) A moddadan mo'l miqdorda olinganda hosil bo'lgan gidrozol mitsellasining formulasini yozing. Kolloid zarracha zaryadining ishorasini ko'rsating.

d) Qaysi elektrolit – koagulyatorning koagulyatsiya bo'sag'asi eng kichik bo'ladi?

variant	A (mo'l)	B	D	Elektrolit-koagulyator
1	NaJ	AgNO <sub>3</sub>	AgJ	NaF, Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2	MgCl <sub>2</sub>	NaOH	Mg(OH) <sub>2</sub>	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Zn, AlCl <sub>3</sub>
3	NH <sub>4</sub> CNS	AgNO <sub>3</sub>	AgCNS	KNO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
4	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	ZnCl <sub>2</sub> , AlCl <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
5	BaCl <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> Cl, AlCl <sub>3</sub> , K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]

6	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Ag}_2\text{S}$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2, \text{CH}_3\text{COOK}, \text{Na}_2\text{SO}_4$
7	$\text{AlCl}_3$	$\text{NaOH}$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{KNO}_3, \text{CaCl}_2$
8	$\text{CrCl}_3$	$\text{NH}_4\text{OH}$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$\text{K}_2\text{SO}_4, \text{Al}(\text{NO}_3)_3, \text{BaCl}_2$
9	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	$\text{HCl}$	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	$\text{K}_2\text{SO}_4, (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}, \text{AlCl}_3$
10	$\text{ZnCl}_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{ZnS}$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
11	$\text{MnCl}_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{MnS}$	$\text{K}_2\text{SO}_4, \text{Al}(\text{NO}_3)_3, \text{CaCl}_2$
12	$\text{FeCl}_2$	$\text{NaOH}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{KNO}_3, \text{BaCl}_2$
13	$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{BaSO}_4$	$\text{NH}_4\text{Cl}, \text{AlCl}_3, \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
14	$\text{CoCl}_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{CoS}$	$\text{ZnCl}_2, \text{AlCl}_3, \text{K}_2\text{SO}_4$
15	$\text{NiCl}_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{NiS}$	$\text{KNO}_3, \text{Na}_2\text{SO}_4, \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
16	$\text{CdCl}_2$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{CdS}$	$\text{NaF}, \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{K}_2\text{SO}_4$
17	$\text{AgNO}_3$	$\text{KJ}$	$\text{AgJ}$	$\text{CH}_3\text{COONa}, \text{K}_2\text{SO}_4, \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
18	$\text{FeCl}_3$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{KCl}, \text{BaCl}_2$
19	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	$\text{NaOH}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}, \text{AlCl}_3, \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
20	$\text{K}_2\text{CrO}_4$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{CaCl}_2, \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
21	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{KJ}$	$\text{PbJ}$	$\text{K}_2\text{SO}_4, \text{Al}(\text{NO}_3)_3, \text{CaCl}_2$
22	$\text{KMnO}_4$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}_2$	$\text{CH}_3\text{COONa}, \text{K}_2\text{SO}_4, \text{BaCl}_2$
23	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$	$\text{ZnCl}_2, \text{AlCl}_3, \text{K}_2\text{SO}_4$
24	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{FeCl}_3$	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	$\text{K}_2\text{SO}_4, (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}, \text{AlCl}_3$
25	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{PbS}$	$\text{CH}_3\text{COONa}, \text{K}_2\text{SO}_4, \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
26	$\text{AgNO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{KNO}_3, \text{BaCl}_2$
27	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{HgS}$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{CaCl}_2, \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
28	$\text{FeSO}_4$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}, \text{AlCl}_3, \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
29	$\text{Na}_3\text{AsO}_4$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Ag}_3\text{AsO}_4$	$\text{NaF}, \text{Al}(\text{NO}_3)_3, \text{K}_2\text{SO}_4$
30	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	$\text{CuSO}_4$	$\text{CuS}$	

3. Zarrachalarning boshlang'ich miqdori  $1 \text{ m}^3$  da  $3,2 \cdot 10^{14}$  ga teng bo'lsa, kumush yodid zoli koagulyatsiyasi yarim vaqti 11,5 sekund bo'lganda koagulyatsiya tezligining konstantasini aniqlang.

Yechish:

$$k = \frac{1}{n_0 \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{3,2 \cdot 10^{14} \cdot 11,5} = 2,8 \cdot 10^{-16} \left( \frac{1}{\text{o'rtacha} \cdot \text{sekund}} \right)$$

4. Eksperimental va hisoblashlar yo'li bilan olingan natijalar asosida alyuminiy xlorid eritmasi bilan koagullanuvchi oltingugurt zoli uchun koagulyatsiya turini (tez yoki sekin) aniqlang.  $T=293$ .

Koagulyatsiya vaqti, sek	0	1	4	10
Qismaniy konsentratsiya, $10^{-17} \text{ m}^{-3}$	16	1,79	0,5	0,2

Yechish:

$$k_{naz} = \frac{4RT}{3\eta \cdot N_A} = \frac{4 \cdot 8,314 \cdot 293}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 5,4 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Eksperimental qiymatlarni  $k_{eks} = \frac{V_{qismaniy}^0 - V_{qismaniy}^r}{V_{qismaniy}^0 \cdot V_{qismaniy}^r}$  formula

bo'yicha hisoblaymiz:

$$k_1 = \frac{(16 - 1,78) \cdot 10^{17}}{16 \cdot 1,78 \cdot 10^{17}} = 5 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3/\text{sek};$$

$$k_4 = \frac{(16 - 0,5) \cdot 10^{17}}{16 \cdot 10^{17} \cdot 0,5 \cdot 10^{17} \cdot 4} = 4,8 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3/\text{sek};$$

$$k_{10} = \frac{(16 - 0,2) \cdot 10^{17}}{16 \cdot 10^{17} \cdot 0,2 \cdot 10^{17} \cdot 4} = 4,9 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3/\text{sek};$$

$$k_{eksper} = \frac{k_1 + k_4 + k_{10}}{3} = 4,9 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3/\text{sek};$$

$k_{eksper} < k_{naz}$ , demak, sekin koagulyatsiya.

5. 1 l AgI zolining koagulyatsiyasi uchun 0,05 M li  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  eritmasidan qancha hajm kerak bo'ladi?

Yechish:  $C_{\text{koagulyatsiya bo'sag'asi}} = \frac{C_{el} \cdot V_{el}}{V_{zol} + V_{el}}$  Elektrolitning hajmi

hosil bo'lsin, u holda:  $2 \cdot 10^{-3} = \frac{0,05 \cdot x}{1+x}$  dan  $x=0,042$  l yoki  $V_{el}=42$  ml.

6. Idishda moy emulsiyaning diametri uni tayyorlash usuliga bog'liq bo'lib, qo'l bilan silkitilganda 20 mkm, aralashtirgich bilan aralashtirilganda 4 mkm ni tashkil etadi. Agar moyning zichligi  $1,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; ga teng bo'lsa, dispersligini, dispers fazaning solishtirma sirtini va ularning nisbatini aniqlang.

Yechish: Disperslikni aniqlaymiz:

$$D_{\text{arakshangich}} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1};$$

$$D_{\text{qo'lda}} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1};$$

Solishtirma sirtini hisoblaymiz:

$$S_{\text{sol}}^{\text{arakshangich}} = \frac{6}{\alpha \cdot \rho} = \frac{6}{4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 10^3} = 13,6 \cdot 10^2 \text{ m}^2;$$

$$D_{\text{sol}}^{\text{qol}} = \frac{6}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 10^3} = 2,72 \cdot 10^2 \text{ m}^2;$$

$$\frac{D_{\text{aral}}}{D_{\text{qol}}} = \frac{2,5 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^4} = 5; \quad \frac{S_{\text{sol}}^{\text{aral}}}{S_{\text{sol}}^{\text{qol}}} = \frac{13,6 \cdot 10^2}{2,72 \cdot 10^2} = 5;$$

7. Un ishlab chiqarish korxonalarida, inshootlari havosida un changlarining massali konsentratsiyalari  $4,2 \text{ mg/m}^3$  ni tashkil etadi. Agar chang zarralarining o'rtacha diametri 3,7 mkm, ularning zichligi  $1,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  ni tashkil etsa, un changlarining sonli konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3; \quad V_{\text{sonli}} = \frac{V_m}{\rho \cdot V_1} = \frac{4,2 \cdot 10^{-6}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (1,85 \cdot 10^{-6}) \cdot 1,1 \cdot 10^3} = 1,44 \cdot 10^8 \text{ m}^3$$

Demak,  $1 \text{ m}^3$  havoda 14400 million zarracha yoki  $1 \text{ sm}^3$  havoda 14400 zarracha bo'ladi.

8. Agar glitserin viskozimetrdan kapillyar orqali chiqsa, uning qovushqoqligini hisoblang. Kapillyarning radiusi  $r=1 \cdot 10^{-3}$  m. uzunligi  $l=6 \cdot 10^{-2}$  m. Oqim tezligi  $P=200$  Pa bosimda  $14 \cdot 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/sek ga teng.

Yechish: Puazel tenglamasi bo'yicha

$$\eta = \frac{\pi r^4 \cdot P}{8lV} = \frac{3,14 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^4 \cdot 200}{8 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 14 \cdot 10^{-10}} = 0,935 \text{ Pa} \cdot \text{sek};$$

9. Viskozimetriya ma'lumotlari asosida polivinilspirtning molekulyar massasini aniqlang: Xarakteristik qovushqoqlik  $[\eta]=0,15$ . Mark-Xauvink tenglamasidagi konstantalar:  $K=4,53 \cdot 10^{-5}$ ;  $\alpha=0,74$ .

Yechish: Mark-Xauvink tenglamasi  $[\eta]=KM^\alpha$  ni logarifmlaymiz:

$$\lg M = \frac{\lg[\eta] - \lg K}{\alpha} = \frac{\lg 0,15 - \lg 4,53 \cdot 10^{-5}}{0,74} = 4,75 \text{ dan } M=56200.$$

10. Agar 15% li zolning qovushqoqligi  $1,3 \cdot 10^{-3}$  Pa·sek, zarrachaning diametri 16 nm bo'lsa, kremniy (IV) oksidi zoli zarrachasining gidratli qobig'i qalinligini hisoblang. Dispers faza zarrachasining zichligi  $2,7$  g/sm<sup>3</sup> ga, dispersion muhitning zichligi  $1$  g/sm<sup>3</sup> ga teng. Dispersion muhitning qovushqoqligi  $1 \cdot 10^{-3}$  Pa·sek. Zarracha shakli koeffitsiyenti  $\alpha = 2,5$ .

Yechish:

$$\eta = \eta_0(1 + \alpha\varphi_2); \quad \varphi_2 = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0\alpha}; \quad \varphi_2 = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5} = 0,12;$$

$$\varphi = \frac{C/\rho}{C/\rho + C_{ak}/\rho_0} = \frac{15/2,7}{15/2,7 + (100-15)/1} = 0,06;$$

$$\delta = \nu \left[ \left( \frac{\varphi_2}{\varphi} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] = \frac{16 \cdot 10^{-9}}{2} \cdot \left[ \left( \frac{0,12}{0,06} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] = 2,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}.$$

## IX. KOLLOID SIRT-FAOL MODDALAR

Geterogen sistemalar qo'shilganida fazalarning chegara qismida sirt taranglikni kamaytiradigan moddalar – sirt faol moddalar (SAM) deyiladi.

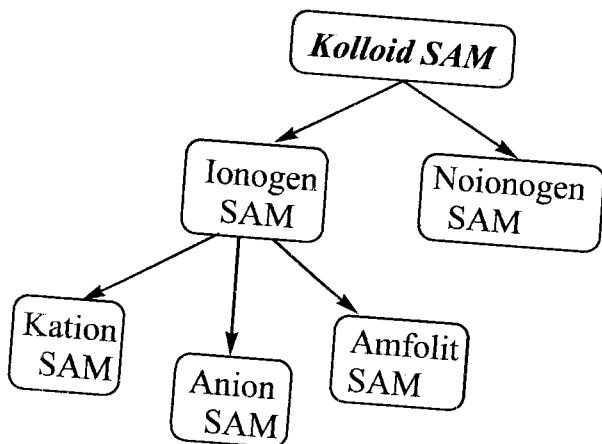
Uglevdorod zanjiri 8-10 ta uglerod atomigacha uzayganida molekula yangi xossa ya'ni sirt-faollik xossasini namoyon qilib agregatlar hosil qiladi. Ular esa mitsella deyiladi. Past konsentratsiyalarda SAM chin eritmalar hosil qiladi. Mitsella hosil qiluvchi kritik konsentratsiya deb ataluvchi ma'lum qiymatgacha eritma konsentratsiyasi oshirilganda eritmada sirt faol moddalar eritma konsentratsiyasi oshirilganda eritmada sirt faol moddalar molekulalari mitsella hosil bo'lishida ishtirok etadi, ya'ni yangi faza yuzaga keladi. Bunday sistemalar 2 xil xossasi bilan xarakterlanadi:

- Yuqori dispersiligi ;
- Geterogenligi

Demak, ular kolloid eritma xossasiga ega bo'ladi.

Kolloid SAM–nafaqat sirt taranglikni kamaytiradi, balki ma'lum konsentratsiyalarda o'z-o'zidan mitsella hosil qilish xususiyatiga ham ega.

### 9.1. Kolloid sirt-faol moddalar klassifikatsiyasi



Anion SFM–suvda dissotsilanganda sirt-faol anionlar hosil qiladi.

Anion–SFM ga misollar: karbon kislotalar va ularning tuzlari (masalan,  $C_{17}H_{33}COONa$ ;  $C_{17}H_{35}COONa$ ;  $C_{15}H_{31}COONa$ ); alkilsulfatlar  $ROSO_2OMe$ ; alkilarilsulfonatlar  $RArSO_2OMe$ ; fosfatlar, tiosulfatlar. Kation sirt-faol moddalarga esa aromatik va alifatik aminlar; piridin asoslari kiradi.

Kolloid sirt-faol moddalarning sirt faolligi taxminiy quyidagi formulalar bilan topiladi:

$$\text{Noionogen SFM uchun: } g \approx - \frac{\delta_0 - \delta_{\text{tkm}}}{KKM};$$

$$\text{Ionogen SFM uchun: } g \approx - \frac{\delta_0 - \delta_{\text{tkm}}}{KKM^n};$$

bu yerda  $\delta_0$ –suvning sirt tarangligi;  $\delta_{KKM}$ –mitsella hosil bo‘lish kritik konsentratsiyasida SFM ning sirt tarangligi;  $KKM$ –SAM ning mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi;  $n$ –bir molekula SAM dissotsilanganida hosil bo‘ladigan ionlar soni.

**SFMning sirt faolligi ( $g$ )** – SAMning adsorbsion xususiyatini ifodalaydi, u qancha katta bo‘lsa, adsorbsion xususiyati shuncha yuqori bo‘ladi.

## 9.2. SFM larning sirt hodisalari

Ma’lumki, diffuziya tufayli zarrachalar yuqori konsentratsiyali joydan past konsentratsiyali joyga ko‘chadi. Ammo ba’zi moddalar (SFM) ning suvli eritmaları uchun past konsentratsiyali joydan konsentratsiya yuqori bo‘lgan joyga suvning sirtiga tomon o‘z-o‘zidan harakati sodir bo‘ladi (**Paradoks**). SFM larning o‘z-o‘zidan adsorbilanishi natijasida sirt taranglik kamayadi. Suvli eritma sirtida konsentrlanib, uning sirt tarangligini kamaytiradigan moddalar **sirt faol moddalar (SFM)** deyiladi.

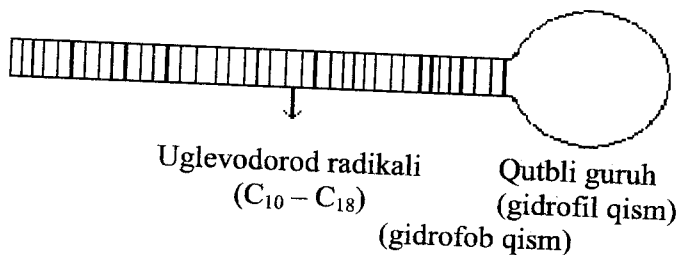
Spirt va boshqa sirt faol moddalarning sirt faolligi  $\left(\frac{d\sigma}{dC}\right)$  molekularining tuzilishi bilan tushuntiriladi.

Sirt-faol moddalar difil tuzilishga ega ya’ni **qutbli guruhlar**  $COOH$ ,  $-COONa$ ,  $-SO_3Na$ ,  $-OH$ ,  $-NH_2$  va boshqalar) va **qutb**



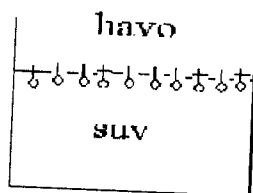
**qism**-uglevodorod  $C_{10}-C_{18}$  radikallaridan (odatda chiziqli tuzilishli) tashkil topgan bo'ladi.

Sirt-faol moddalarning molekularini sxematik tarzda quyidagicha yozish mumkin:



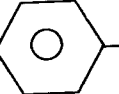
Uglevodorod radikali qutbsiz faza (gaz, uglevodorod suyuqligi, yog', qattiq jismning qutbsiz yuzasi (sirti) ga nisbatan sirt faollik xossasini namoyon qiladi va qutbli muhitdan siqib chiqariladi. Suvli eritmalarda faol moddalar havo bilan chegarada uglevodorod radikallari bilan adsorbsion qavat hosil qiladi. Sirt faol moddaning konsentratsiyasi bu qavatda suyuqlik hajmidagiga nisbatan yuqori bo'ladi, shuning uchun havo bilan chegara qatlamda sirt faol modda suvning sirt tarangligini kamaytiradi.

Sirt faol moddalar molekularining suv sirtida taqsimlanishi quyidagi rasmda ko'rsatilgan:



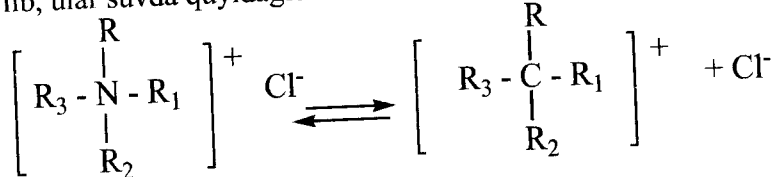
Suvning sirt tarangligi kamayishi bilan uning ho'llash xususiyati va yuvuvchilik ta'siri kuchayadi. Gidrofil va gidrofob guruhlarining xarakteriga qarab sirt faol moddalar 3 ga bo'linadi: anion-faol (anionli); kation-faol (kationli) va noionogen.

Noionogen sirt-faol moddalar jumlasiga suvli eritmalarda dissotsilanmaydigan

R--(OCH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> - OH tipidagi moddalar kiradi.

Sanoatda eng ko'p ishlatiladiganlari **anion sirt faol** moddalardir.

**Kationli sirt faol** moddalarda suvli eritmalarda sirt faollikni ko'pgina organik kationlar ta'minlaydi. Kationli sirt-faol moddalarga aminobirikmalar va ammoniyli, sulfoniyl va fosfoniyl birikmalar kiradi. Eng keng tarqalgani to'rtlamchi ammoniy tuzlari bo'lib, ular suvda quyidagicha dissotsilanadi :



to'rtlamchi ammoniyli

faol kation

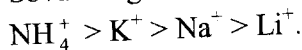
tuz

Bu yerda R-tarkibida 12 tadan 18 tagacha uglerod atomini saqlagan uglevodorod radikali, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> lar esa -qisqa (kichik) (-CH<sub>3</sub>, -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>) radikallar

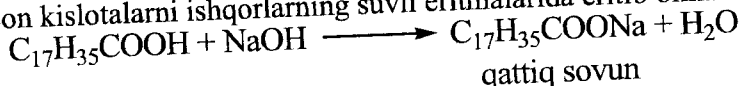
**Sovun**-yuqori molekulyar karbon kislotalarning (C<sub>10</sub> - C<sub>18</sub>) tuzlari.

Sovunlar suvda eriydigan (kaliyli, ammoniyli va natriyli) va erimaydigan (metallik sovunlar -Ca, Mg, Ba, Pb, Ni, Mn, Al va boshqa tuzlari) bo'ladi.

Sovunning suvda eruvchanligi kationning xarakteriga bog'liq:



Suyuq kaliyli va qattiq natriyli sovunlar yuqori molekulyar karbon kislotalarni ishqorlarning suvli eritmalarida eritib olinadi:

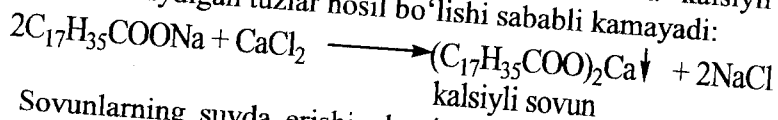


qattiq sovun

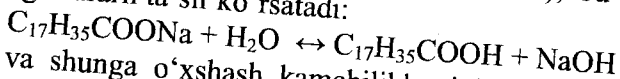


suyuq sovun

Sovunlarning yuvish xususiyati qattiq suvlarda kalsiyli va magniyli erimaydigan tuzlar hosil bo'lishi sababli kamayadi:

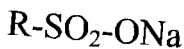


Sovunlarning suvda erishi ularning qisman karbon kislota va ishqorlarga gidrolizi bilan birga kuzatiladi (boradi), bu esa ba'zi materiallarga zararli ta'sir ko'rsatadi:

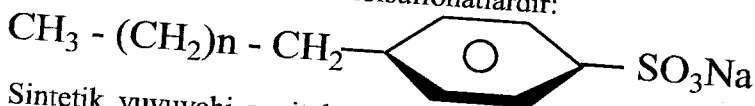


Shu va shunga o'xshash kamchiliklarni bartaraf etish uchun turli xil sulfokislotalarning natriyli tuzlari sintetik yuvuvchi vosita sifatida tavsiya etiladi.

Ularning umumiy formulasi



bo'lib, keng tarqalgani alkilbenzolsulfonatlardir:



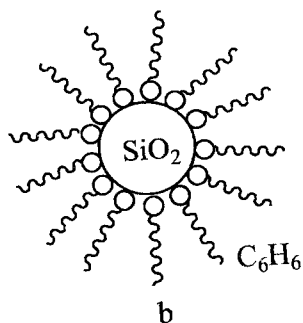
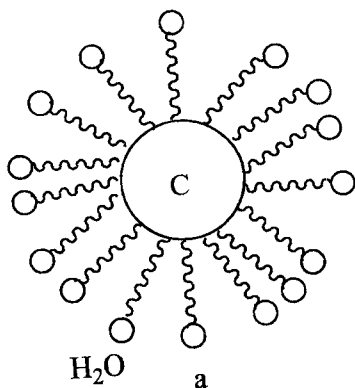
Sintetik yuvuvchi vositalar –detergentlar –yuqori yuvuvchilik xususiyati bilan xarakterlanadigan moddalar.

Alkilsulfonatlar  $RSO_3Na$ –yuqori darajada ho'llash va emulsiya hosil qilish xususiyatiga ega.

**Amfoter sirt-faol moddalar.** Tarkibida ikkita funksional guruh bo'lib, ulardan biri kislota va ikkinchisi asos xarakteriga ega. Tarkibida karboksil va amino guruhlar bo'lgan moddalar amfoter sirt – faol moddalar jumlasiga kiradi. Ular muhitning pH qiymatiga qarab anion sirt – faollik yoki kation sirt – faollik namoyon qila oladi.

Qattiq jism–suyuqlik chegarasida SAMlarning adsorbsiyasini ko'rib chiqamiz. SAMlarning adsorbsion qavatga sirt faol moddalarning adsorbsiyasi tenglashish qoidasiga muvofiq sodir bo'ladi.

P.A.Rebinder sirt faol moddalarning xossalari o'rganib chiqib, qutblilikning tenglashish qoidasini yaratdi. Bu qoidani quyidagi rasm yordamida tushuntirish mumkin:



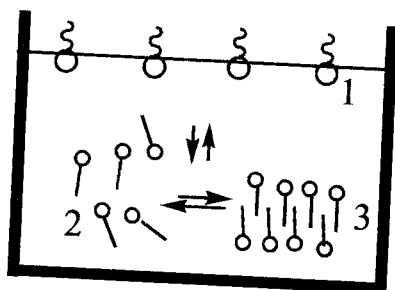
Qutbsiz qattiq jism (ko'mir, parafin, qurum) bilan suyuqlik (suv)ning chegara sirtiga adsorbsion qatlamning oriyentatsiyasi qutbli gidrofil qismi tomonidan bo'ladi. Sirt faol moddalarning adsorbsion qavati qattiq sirtni ekranlashtiradi va unga qutblilik xossasini beradi. Bunda fazalar qutbliligi tenglashadi: qutbsiz–qutbli chegara qismida qutbli-qutbli qism hosil bo'ladi. Ikkinchi holatda qutbli gidrofil sirt (qum, bo'r, tuproq) bilan qutbsiz suyuqlik (benzol) ta'sirlashadi. Bunda SAM molekulalari qutbli qismi bilan qutbli qattiq jismning sirt yuzasida oriyentatsiyalanadi. Sirt faol moddaning qutbsiz qismi bilan qutbsiz suyuqlik (benzol) ta'sirlashadi.

Adsorbsiya va mustahkamlikning kamayishi Rebinder effekti kuzatilishining muhim omillaridan biridir.

Rebinder effekti tog' jinslarini va turli shakldagi materiallarni (rudalar, sement uchun zarur bo'lgan komponentlarni va h.z) maydalashda muhim ahamiyatga ega.

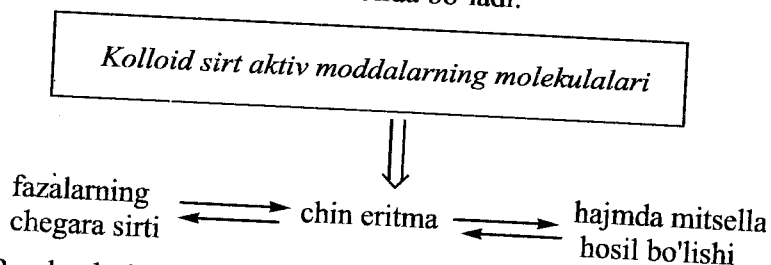
Sirt faol moddalar nafaqat fazalar chegara qismida adsorbilanadi, balki ular eritmaning hajmiy xossalarini o'zgartiradi ham. Masalan, sovun spirtlarning eritmalaridan farq qilib nafaqat suvning tarangligini kamaytiradi, balki uning yuvish xususiyatini oshiradi ham.

Sovun (natriy stearat)-sirt faol kolloidlarga kiradi.



Sirt faol kolloidlar eritmada mitsella hosil qilish xususiyatiga ega bo'ladi.

Kolloid sirt faol moddalar molekulari orasida 3 xil holat sodir bo'lib, ular dinamik muvozanat holida bo'ladi:

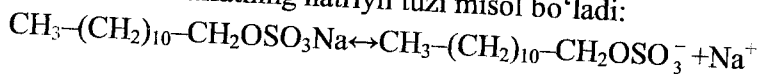


Bundan ko'rinib turibdiki, chin eritmada mitsella hosil bo'lib, u kolloidga o'tadi. Shunday qilib, kolloid SFM lar chin eritma va kolloid eritma hosil qilishlari mumkin ekan.

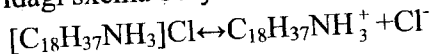
Hamma sirt faol moddalar ham kolloid hisoblanavermaydi. Past molekulyar spirtlar, aminlar, kislotalar (masalan,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ning zanjir uzunligi kichik bo'lib, ular kolloidlar hosil qilmaydi. Kolloid sirt faol moddalarda uglevodorod radikali tarkibida 10 ta dan kam bo'lmagan  $-\text{CH}_2-$ guruh bo'ladi.

Ionogen SFM eritmada dissotsilanib, sirt faol ionlarni hosil qiladi.

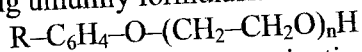
**Anionli SFM** eritmada ionlanish natijasida sirt faol organik anionlarni hosil qiladi. Masalan, sovun suvda dissosilanib  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$  va  $\text{Na}^+$  ni hosil qiladi. Sintetik anionli sirt faol moddalarga dodesilsulfatning natriyli tuzi misol bo'ladi:



Kationli SFM lardan eng keng tarqalgani oktatetsilammoniy xlorid bo'lib, u quyidagi sxema bo'yicha dissotsilanadi:



**Amfolit SFM larga** dodetsil -  $\beta$ -alanin ( $C_{12}H_{25}NH(CH_2)_2COOH$ ) misol bo'ladi. Amfolit SFM lar bir vaqtning o'zida ham kation, ham anion hosil qiladi va ularning har ikkalasi ham sirt faollik xossasini namoyon qiladi. Amfolit SAMlarni sintez qilish qiyin va ular qimmatga tushadi. Shuning uchun ular kam tarqalgan. Ishlatilayotgan SFMlarga OP-7 va OP-10 lar kiradi. Ular etilen oksidiga spirtlar, fenollar, yog' kislota ta'sir ettirib olinadi. Ularning umumiy formulasi:



Kolloid SFM larning yuvish xususiyati kolloid-kimyoviy jarayonlarning yig'indisiga asoslangan:

- SFM ishtirokida sirt taranglik kamayishi oqibatida qattiq fazaning ho'llanishi yaxshilanadi. Suyuqlik buning hisobiga gazlamalarning yupqa kapillyarlariga yaxshi kira oladi.

- Sovun molekullari tola yoki qattiq va suyuq kirlar sirtida adsorbilanib, adsorbsion qavat hosil qiladi, bu esa bo'luvchi bosimni yuzaga keltiradi. Bu kirning ajralib, yuvuvchi suyuqlikka o'tishini ta'minlaydi.

- Kolloid SFM ishtirokida eritmada ko'piklar hosil bo'ladi, ko'piklar esa sirdagi kirlarning mexanik qo'shilishiga sabab bo'ladi.

SFMlarning muhim miqdoriy tavsifi gidrofil-lipofil balans (GLB) dir. Gidrofil-lipofil balans (GLB) gidrofil va gidrofob xossalar orasidagi nisbat bilan tavsiflanadi: GLB soni qancha yuqori bo'lsa balans shuncha SFMning gidrofil xossasi tomonga kuchli siljigan bo'ladi. GLB soni tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Devis ishlarida GLB bilan SFM moddaning tuzilishi va tarkibi orasidagi miqdoriy bog'liqlik o'rganilgan. Har bir struktur birlik GLB soniga o'zining ulushini qo'shadi. Griffin bo'yicha GLB soni quyidagicha:

- Gidrofil guruhlar uchun:  $-COOK$  -21,1;  $-COONa$  - 19,1;  $-COOH$  -2,4;  $-OH$  -1,9;  $=O$  - 1,3;

- Gidrofob guruhlar uchun;  $=CH-$ ;  $-CH_2-$ ;  $-CH_3$ ;  $=C=C-$  0,475.

Ushbu berilganlarga muvofiq GLB soni quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$LB_{SFM} = 7 + \Sigma(GLB)_G - \Sigma(GLB)_L$$

bu yerda  $\Sigma(GLB)_G$ —barcha gidrofil guruhlar uchun GLB lar soni;

$\Sigma(GLB)_L$ —lipofil (gidrofob) guruhlar uchun GLB lar yig'indisi.

GLB empirik sonining fizik ma'nosi shundan iboratki, "moy" faza chegara qismida SFM molekularining adsorbsiya ishining xuddi shunday "suv" chegara qismidagi adsorbsiya ishiga nisbatini aniqlaydi. GLB soniga bog'liq holda SFMlar u yoki bu maqsadda ishlatiladi. Agar SFMning GLB soni 7 dan 9 gacha bo'lsa, ular ho'llovchilar sifatida; 13 dan 15 gacha bo'lsa yuvuvchi vositalar sifatida; 15 dan 16 gacha bo'lsa suvli eritmalarda solyubizator sifatida ishlatiladi.

### 9.3. O'z-o'zidan mitsella hosil qilish qobiliyati

Agar SAM molekulasida uzun uglevodород radikali va kuchli gidrofil (qutbli) guruh bo'lsa, bunday sirt-faol modda suvga solinganda 2 xil effekt kuzatiladi:

- Adsorbsiya;
- Mitsella hosil bo'lishi.

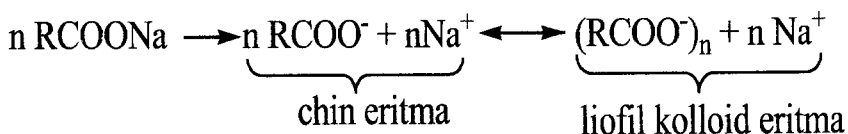
SFM o'z-o'zidan chegara sirtga o'tadi va bunda  $\sigma$  kamayadi. Chegara sirtida konsentratsiyaning ortishi va adsorbsion qavatning hosil bo'lishi sodir bo'ladi. Bu vaqtda erkin sirt energiya kamayadi. SAM molekulari konsentratsiyalarining yanada oshirilishi o'z-o'zidan *assosiatlar-mitsellalar* hosil bo'lishiga olib keladi.

Mitsellalarning o'ziga xos xususiyatlari:

• **Dinamik xarakter** — hajmiy faza bilan molekularning to'xtovsiz almashinuvi. Bitta molekulaning mitsellada yashash davri  $10^{-7}$ – $10^{-5}$  sek.

- Mitsellyar mikrofaza makroskopik analogga ega emas;
- Bir necha nm lar o'lchamida ularning dielektrik o'tkazuvchanligi 78 dan 4-6 gacha o'zgaradi;
- Harorat oshishi bilan polimorf o'zgarishlarga uchraydi.

Mitsella hosil bo'lishining kritik konsentratsiya (MKK) odatda  $10^{-3}$ – $10^{-6}$  mol/dm<sup>3</sup> oralig'ida bo'ladi. Bu konsentratsiyaga erishgandan so'ng eritmada o'z-o'zidan sferik mitsella (Gartli mitsellalari) hosil bo'ladi va sistema geterogen bo'ladi. MKK ga erishgandan so'ng kolloid SFMlarning holatini quyidagicha yozish mumkin (gidroliz hisobga olinmaganda):

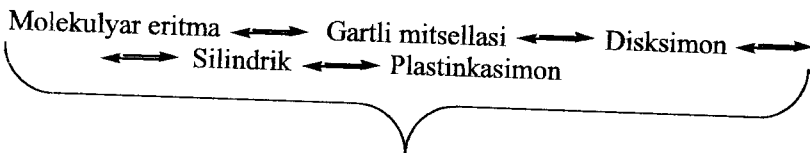


Liofil zolning mitsellasi—bu difil molekularning assosiati bo'lib, liofil guruhlar erituvchi bilan ta'sirlashadi, liofob guruhlar esa bir-biri bilan birikib yadroni hosil qiladi.

Gartli mitsellasining diametri sirt faol modda molekulasiz uzunligining ikkilanganiga teng. Mitsellani tashkil etuvchi SAMlar molekularining soni *assosiatsiya soni* deyiladi. Ionogen SAMlar uchun n ning qiymati haroratning pasayishi va elektrolitlar qo'shish bilan ortadi.

Noionogen SFM lar uchun haroratning ko'tarilishi n ortishiga olib keladi, elektrolitlarning kiritilishi esa assosiatsiyalar soniga ta'sir etmaydi. Mitselladagi barcha molekularning massalari yig'indisi *mitsellyar massa* deyiladi. Ma'lum konsentratsiyaga erishgandan so'ng sferik mitsellalar o'zaro birika boshlaydi, bu esa ularning deformatsiyasiga olib keladi. Mitsella silindrik, disksimon, tayoqchasimon, plastinkasimon shakllarni olishga intiladi. Bunday mitsellalar *Mak-Ben mitsellalari* deyiladi. Konsentratsiya MKK dan 10-50 marta katta bo'lganda mitsella zanjirli oriyentatsiyalanadi va erituvchi molekulari bilan suyuq kristall struktura hosil qiladi. SAMning konsentratsiyasi yanada oshirilganda suyuq kristall strukturaning gelsimon, so'ngra qattiq kristall struktura o'tadi:





***Mak-Ben mitsellasi***  
 Suyuq kristall struktura ↔ Gelsimon struktura  
 MIK ↔ Qattiq kristall SAM

Mikrogeterogen vositalarning ishlatilish sohalari:

- Turli materiallar (metallar, oksidlar, tuzlar va ferromagnetiklar)ning nanozarrachalarini olishda;
- Dispers polimerlar (latekslar) olishda;
- Mitsellyar katalizda (gidroliz, murakkab efirlar, atsetallar, ortoeffirlar solvoliz reaksiyalarida);
- Maishiy sohada;
- Tahliliy kimyoda;
- Tibbiyotda va farmasevtikada—gidrofob dori vositalarining eruvchanligini oshirib, organizmda suvli muhitda tashilishida;
- Neft kimyosida.

#### 9.4. Solyubilizatsiya

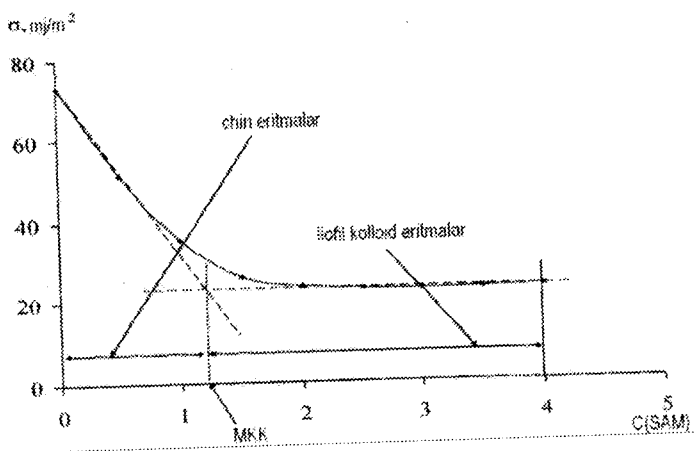
SFM mitsellasida moddaning erish hodisasi ***solyubilizatsiya*** deyiladi. Solyubilizatsiya o‘z-o‘zidan boruvchi va qaytar jarayon. Suvli mitsellyar sistemalarda suvda erimaydigan moddalar, masalan, benzol, organik bo‘yoqlar, yog‘lar solyubilirlanadi. Bu shu bilan tushuntiriladiki, mitsella yadrosi qutbsiz suyuqlik xossasini namoyon qiladi.

Solyubilizat-SFM eritmasida solyubilirlangan modda;  
 Solyubilizator-qutbsiz suyuqlikni solyubillovchi SFM.  
 Solyubilizatsiya hodisasining ishlatilishi:

- Emulsion koagulyatsiyada;
- Emulsion moylovchi suyuqliklar tayyorlashda;
- Farmasevtik preparatlar tayyorlashda;
- Oziq-ovqat mahsulotlarini tayyorlashda.

## 9.5. Mitsella hosil bo'lishining kritik konsentratsiyasi

Liofil kolloid eritmalar SAM va YuMB larning "yaxshi" erituvchilardagi eritmaları kiradi. SAM va YuMB lar difil molekularlar bo'lib, ularning tarkibida gidrofob va gidrofil fragmentlar bo'ladi. Past konsentratsiyalarda difil molekularlar suvda chin eritmalar hosil qiladi. Ammo difil molekularlar bunday eritmalarda asosan sirt qavatda monomolekulyar qavat hosil qiladi, natijada SAM eritmasining sirt tarangligi keskin kamayadi. Bunday birikmalarning eritmalarida konsentratsiyaning ortishi qandaydir (bir muncha) kritik qiymatgacha davom etadi va mitsella hosil bo'lishining kritik konsentratsiyasi (MKK) deyiladi. MKK sohada sirt va eritmaning hajmi keskin o'zgaradi. MKKni aniqlash SAM eritmasining fizik-kimyoviy xossalari M KK sohada keskin o'zgarishiga asoslangan:

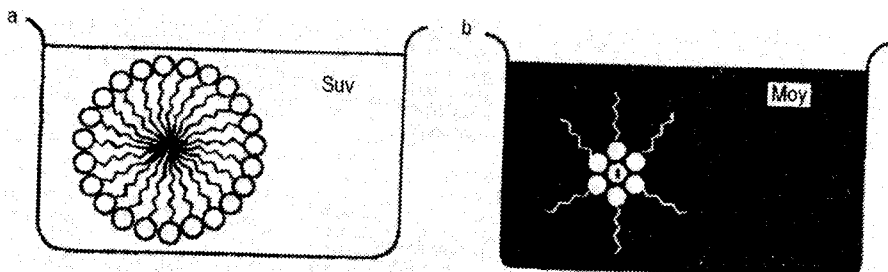


Hamma sirt faol moddalar ham mitsella hosil qilish xususiyatiga ega bo'lavermaydi. Berilgan erituvchi uchun gidrofil-lipofil balansi (GLB) maqbul qiymatga ega bo'lgan SAMlarga mitsella hosil qilish xususiyatiga ega.

GLB qiymatiga bog'liq holda SAMlarning ishlatilish sohalari:

$N_{GLB}$	SAMlarning ishlatilishi
1-4	Ko'piklarni so'ndiruvchi
3-6	II tur emulgatorlar
6-8	Ho'lovchi
8-13	I tur emulgatorlar
13-20	I tur emulgatorlar
20 dan katta	Solyubilizatorlar

Suvli eritmalarda mitsella hosil qiluvchi birikmalarga o't kislotasining va yog' kislotalarining tuzlari, sintetik yuvuvchi vositalar, fosfolipidlar, glikolipidlar va boshqa moddalar kiradi. Dispersion muhit va SAM molekularining xossalari bog'liq holda turli strukturadagi mitsellalar hosil bo'ladi:

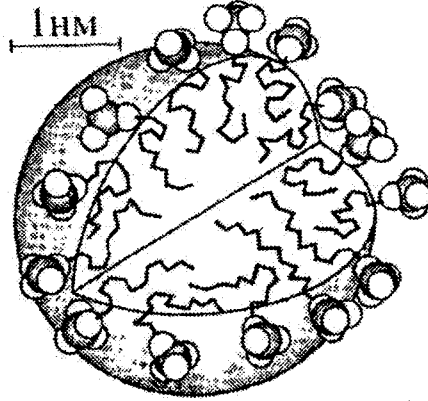


To'g'ri mitsella yadrosi

Teskari mitsella yadrosi

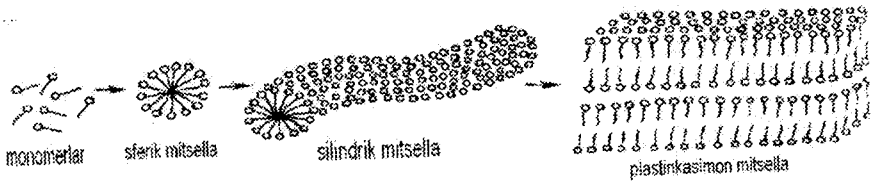
SAM mitsellasining qutbli (a) va qutbsiz (b) muhitdagi strukturasi

SAM modda to'g'ri mitsellasining sferik shakli sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan:



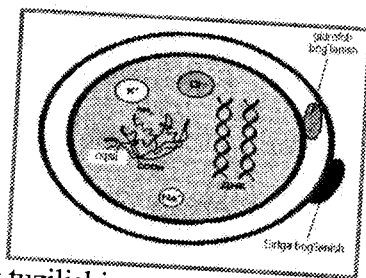
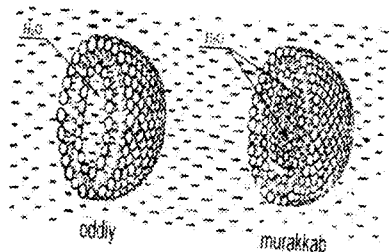
SAM to'g'ri mitsellasining sferik shakli

SAM konsentratsiyasi ortishi bilan mitsellaning tuzilishi sharsimon (sferik) shakldan plastinkasimon shaklgacha o'zgaradi. Bu vaqtda eritmaning butun hajmini mitsellyar tuzilish (struktura) band qiladi va eritma oquvchanligini yo'qotadi va gelga aylanadi:



SAM eritmasida mitsella hosil bo'lishining turli bosqichlari  
Tirik organizmda uchraydigan sirt-faol moddalar orasida fosfo- va sfingolipidlar (gidrofob fragmenti 2 ta uglevodorod radikallaridan iborat) suvli eritmalarda bir qavat hosil qiladi. Bunday sistemalar liposomalar deyiladi va ular 2 ga bo'linadi:

- Oddiy
- Murakkab



### Liposomaning tuzilishi

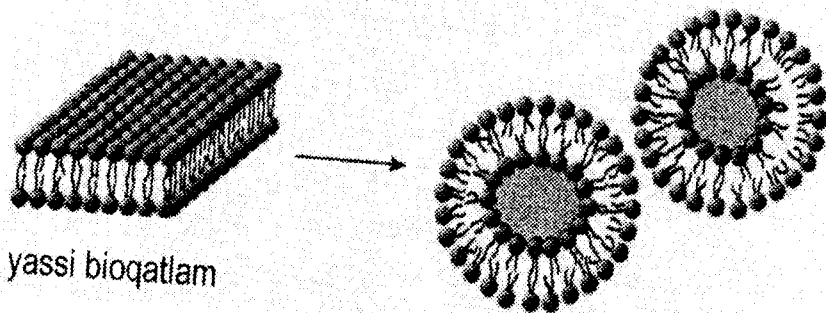
Liposomalarning ishlatilishi:

- Membranani o'rganish modeli sifatida;
- Dori vositalarini tashuvchi (yutuvchi) sifatida;

Liposomalarning ishlatilishning afzalliklari:

- Organizmda oson parchalanadi va antigenlarga qarshi moddalarni hosil qiladi;
- Universalligi.

Liposomal terapiya onkologik, infeksiyon va qandli diabet kasalliklarni davolashda ishlatiladi.



### Liofil kolloid mitsellalarning oddiy tuzilishi

Mitsella hosil bo'lishning kritik konsentratsiyasiga (MKK) quyidagilar ta'sir qiladi.

- Uglevodorod zanjirining uzunligi va tuzilishi;
- Qutbli guruhlar xarakteri;

• Eritmada indifferent elektrolitlar va noelektrolitlarning borligi;

• Temperatura.

Birinchi 2 omilning ta'siri quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$RT \ln MKK = a - bn$$

a-qutbli guruhning erish energiyasini xarakterlovchi doimiylik.  
b-bitta  $-\text{CH}_2-$  guruhga to'g'ri keladigan erish energiyasini xarakterlovchi doimiylik; n- $\text{CH}_2$ -guruhlar soni.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, gidrofob guruhlar soni va ularning erish energiyalari qancha katta bo'lsa, MKK shuncha kichik va mitsella shuncha oson hosil bo'ladi.

Noionogen SAMlarning suvli eritmalariga elektrolitlarning kiritilishi MKK qiymatiga va mitsella hosil bo'lishiga kam ta'sir ko'rsatadi. Ionogen SAMlarning suvli eritmalariga elektrolitlarning kiritilishi katta ta'sir ko'rsatadi va quyidagi tenglama bilan baholanadi:

$$\ln MKK = a' - b'n - k \ln C$$

Tenglamadan indifferent elektrolit konsentratsiyasi ortishi bilan MKK kamayishi ko'rinib turibdi.

SAMlarning suvli eritmalariga noelektrolitlar (organik erituvchilar)ning kiritilishi ham MKK o'zgarishiga olib keladi.

Soblyulizatsiyaning mavjudligi tufayli mitsellaning barqarorligi ortadi, shuningdek MKK kamayadi.

**MKKning aniqlash usullari:** konduktometrik usul; eritmaning sirt tarangligini o'lchashga asoslangan usul; spektrofotometrik usul.

**Kolloid sirt faol modda (SFM) larning ishlatilishi**

1. SFM asosiy sintetik yuvish vositalari detergentlardir.
2. SFM lar moylovchi suyuqliklar tarkibiga kiradi.
3. SFM lar mikrogeterogen (suspenziya, emulsiya, ko'pik, kukun)larning stabilizatorlaridir.
4. Solyubilizatsiya hodisasi emulsiyalarda to'yinmagan uglevodorodlarning polimerlanishida ishlatiladi.

5. SFM oziq-ovqat sanoatida texnologik jarayonlarni intensivlashtirishda va mahsulotlar sifatini yaxshilashda ishlatiladi.

### **Dispers sistemalarning strukturasi va reologiyasi**

- Struktura–zarrachalarning bir-biriga nisbatan joylashuvi xarakteristikasi

- Strukturlangan va nostrukturlangan (strukturlanmagan) sistemalar

- Asosiy omillar konsentratsiya va ta'sirlashuvchi zarrachalar

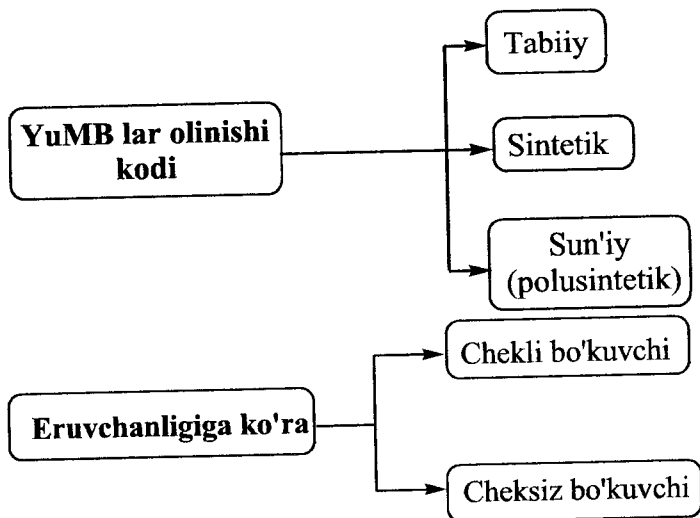
- Strukturlanmagan agregativ barqaror suyultirilgan sistemalar (rasm C.1)

- Barqarorlik buzilishi koagulyatsion strukturlanishga olib keladi.

## X. YUQORI MOLEKULAR BIRIKMALAR ERITMALARI

### 10.1. Yuqori molekulyar birikalarning klassifikatsiyasi

Yuqori molekulyar birikmalar deb molekulyar massasi bir necha mingdan boshlab (10-15 mingdan kam bo'lmagan) million va undan yuqori bo'lgan tabiiy va sintetik birikmalarga aytiladi.



kabi turlarga bo'linadi.

### 10.2. YuMB lar xarakteristikasi

YuMB larning molekulari difil xarakterga ega bo'lib, ularning tarkibida qutbli ( $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$  va boshqa guruhlar) va qutbsiz ( $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{CH}_2$ ,  $-\text{C}_6\text{H}_5$ ) funktsionl guruhlar bo'ladi.

YuMB molekularida qutbli radikallar qancha ko'p bo'lsa, ular shuncha yaxshi eriydi. YuMB larning eruvchanligi ular molekularining o'lchamiga va shakliga bog'liq:



## YuMB molekularining shakllari

**Globulyar (sharsimon) -**  
**- ixcham sharsimon:**  
gemoglobin, glikogen,  
pepsin, tripsin,  
pankreatin va  
boshqalar.

**Fibrillyar (chiziqli, kam  
tarmoqlangan):** jelatina,  
sellyuloza va uning  
hosilalari, kollagen,  
natriy poliakrilat  
va boshqalar.

### Chin eritmalar kabi

YUMB larning erishida ularning eritmaları o'z-o'zidan hosil bo'ladi.

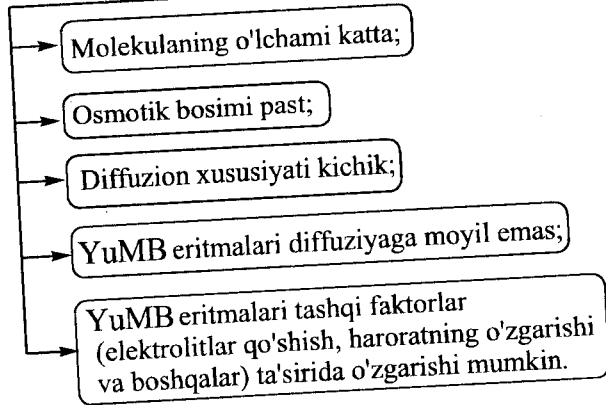
YUMBlarning eritmaları - gomogen sistema (erigan modda bilan erituvchi orasida chegara sirt bo'lmaydi).

YUMB eritmaları-termodinamik muvozanatdagi sistemalaridir.

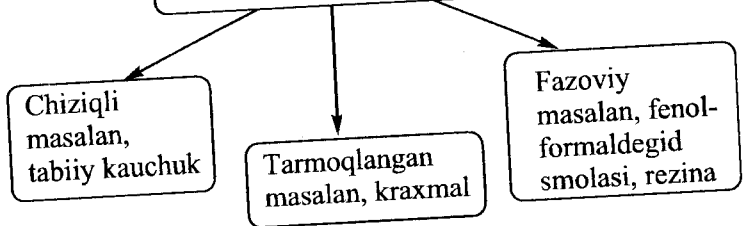
YUMB eritmaları uchun xarakterli:

- Broun harakati;
- Tindal-Faradey effekti kuzatilmaydi.

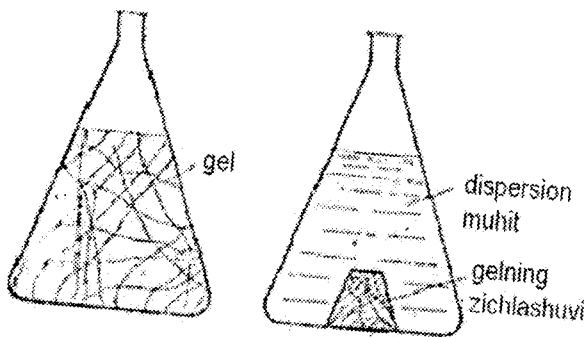
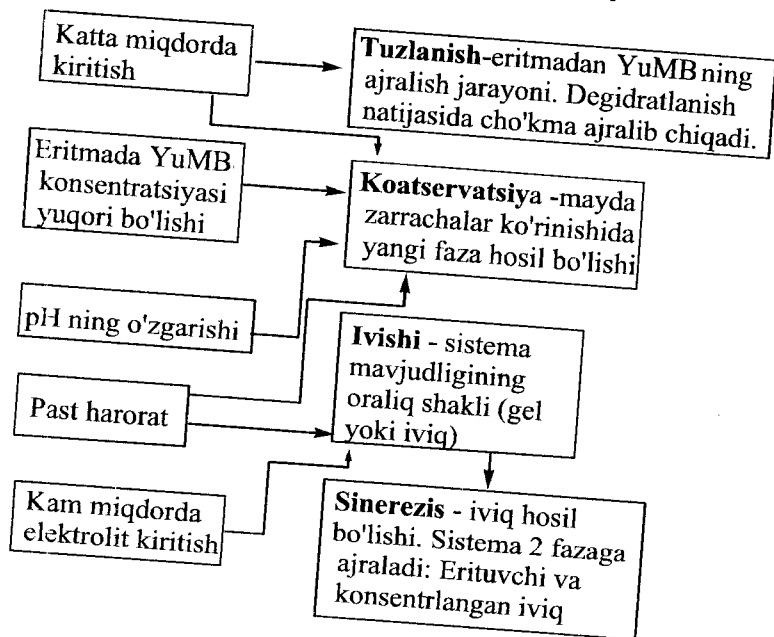
## YuMB eritmalarining chin eritmalaridan farqlari



## Zanjirning tuzilishiga ko'ra YUMBlar



***YuMB lar xarakteristikasi***  
***YuMB eritmalarining barqarorligi buzilishini chaqiruvchi***  
***omillar. Beqarorlik ko'rinishlari***



**Sineresis**

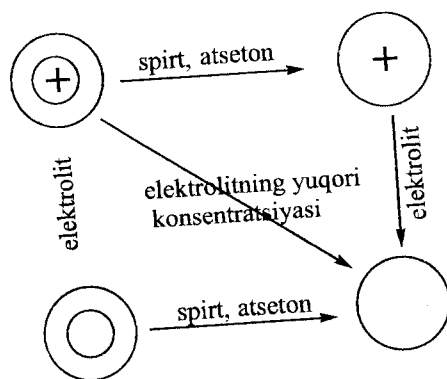
YuMB eritmaları bir qator xossalari bilan oddiy kolloid eritmalariga o'xshab ketadi. Asosan bu o'xshashlik ularning molekulari o'lchamidadir. Polimer eritmalarida diffuziya tezligi zollarga

o'xshab past, yarim o'tkazgich membrana orqali ularning molekulalari o'ta olmaydi. Biopolimerlar turkumiga kiruvchi oqsillarning oddiy sharoitda hosil qilgan eritmaları o'z xossalari bilan kolloid eritmalariga yaqin. Ular termodinamik barqaror liofil kolloid sistema hisoblanadi. **YuMB eritmasi turg'unligini** erituvchi haroratini kritik qiymatidan ham kamaytirish, polimer erimaydigan cho'ktiruvchi suyuqlik yoki elektrolit qo'shish yo'li bilan buzish mumkin. Shunda polimerning eruvchanligi ma'lum darajada kamayadi yoki umuman yo'qoladi. Oqsillarni ularning suvli eritmalaridan tuz qo'shish yo'li bilan ajratib olish **tuzlanish** hodisasi deyiladi.

### 10.3. YuMB eritmalarining barqarorligi

**Tuzlanish** – Tuzlarning konsentrlangan eritmaları yordamida oqsillarni cho'ktirish jarayoni bo'lib, tuzlanish uchun ko'pincha  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , fosfatlar kabi tuzlar ishlatiladi.

Tuzlanish oqsilning izoelektrik nuqtasida ko'proq samarali bo'lib, oqsillarni aniqlashda foydalaniladi. Elektrolitlarning va boshqa suvni tortib oluvchi vositalar cho'ktiruvchi ta'sirining mexanizmiga ko'ra nemis biokimyogari Kroyt tuzlanishning quyidagi umumiy sxemasini taklif qildi:

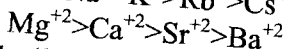
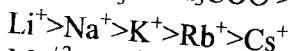
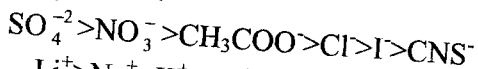


**Rasm. Kroyt bo'yicha tuzlanish sxemasi**

Sxemadan ko‘rinib turibdiki, gidrat qobiqni (spirt yoki aseton bilan) va elektrolit zaryadini neytrallash kerak. Elektrolitlarning tuzlash xususiyati ularning ionlarni gidratlash xususiyatiga bog‘liq.

Bu hodisa faqat ko‘p miqdordagi elektrolitlar ta‘siridagina emas, masalan spirt, aseton va boshqa neytral moddalar ta‘sirida ham vujudga keltirilishi mumkin.

Tuzlanishga ta‘siri bo‘yicha natriyli tuzlarning anionlari quyidagi liotrop qatorga joylashadi:



bu qatorga liotrop qator deyiladi:

YuMB eritmalarining harorati o‘zgartirilsa yoki unga past molekulyar modda eritmasi qo‘shilsa eritmaning konsentratsiyalari o‘zaro farqlanuvchi ikki qavatga ajraladi. Bu hodisa *koaservatsiya* deyiladi.

Kolloid eritmaning turg‘unligini oz miqdorda difil moddalar eritmasini qo‘shish yo‘li bilan oshirish *kolloid himoya* deyiladi. Himoya qilish ta‘sir mexanizmi bo‘yicha kolloid zarrachaning atrofida yuqori molekulyar moddadan tuzilgan adsorbtsion qobiqcha hosil bo‘ladi. Suvli muhitda oqsillar, uglevodlar, pektinlar himoya qiluvchi modda bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

#### 10.4. YuMB eritmaları osmotik bosimi

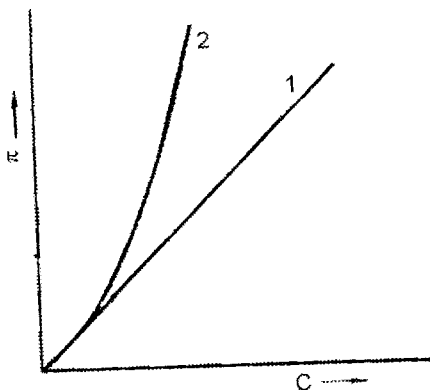
Vant–Goffning klassik qonuniga binoan suyultirilgan ideal eritmaning osmotik bosimi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\pi = \frac{CRT}{M}$$

C–konsentratsiya; R–universal gaz doimiysi; T–temperatura; M–molyar massa.

Polimer eritmaları uchun Vant–Goff qonuni bu ko‘rinishda qo‘llanila olmaydi. Chunki, birinchidan yuqori molekulyar birikmalar eritmaları uchun osmotik bosim Vant–Goff tenglamasi bo‘yicha hisoblab topilganidan biroz yuqori bo‘ladi. Bu hol polimer

makromolekulasining eruvchanligi tufayli eritmada o'zini qisqa molekula kabi tushishi ya'ni kinetik birlik rolini yaxlit molekula emas, balki uning sigmenti o'ynashi bilan tushuntiriladi. Ikkinchidan konsentratsiyaning ortishi bilan eritmaning osmotik bosimi to'g'ri chiziq bo'ylab ko'tarilmaydi.



Rasm. Eritma konsentratsiyasining ortishi bilan osmotik bosimning o'zgarishi  
1-quyi molekulyar birikma; 2-yuqori molekulyar birikma.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, quyi molekulyar birikmalar eritmalarida osmotik bosimning ortishi konsentratsiyaga to'g'ri proporsional, YuMB larda esa osmotik bosim konsentratsiyaga nisbatan tezroq ortadi. Bu hol polimer makromolekulalarining solvatlanishi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun Vant-Goff tenglamasining yechimida sistemaning butun hajmi emas, balki effektiv hajmi ishtirok etadi; u eritmaning umumiy hajmidan makromolekula va u bilan solvatlangan erituvchining hajmi yig'indisini olib tashlanganiga teng. U holda yuqoridagi tenglama quyidagi shaklga keladi:

$$\pi(V-b) = nRT \text{ yoki } \pi = \frac{g}{M} \frac{RT}{V-b}$$

g-erigan polimerning og'irligi;

b–makromolekula va u bilan bog‘langan erituvchining hajmi.

Tenglamadan ko‘rinib turibdiki, polimer konsentratsiyasi  $g$  funksiyaning ortishi bilan sistemaning effektiv hajmi ( $V-b$ ) kamayadi. Bunda osmotik bosim konsentratsiyaga nisbatan tezroq ortadi.

$$\pi = \frac{g}{M} \frac{RT}{V-b}$$
 tenglama qator globulyar oqsillar misolida

osmotik bosimning konsentratsiyaga bog‘liqligini juda yaxshi ifodalasa ham YuMB eritmaları uchun unchalik qo‘l kelmaydi.

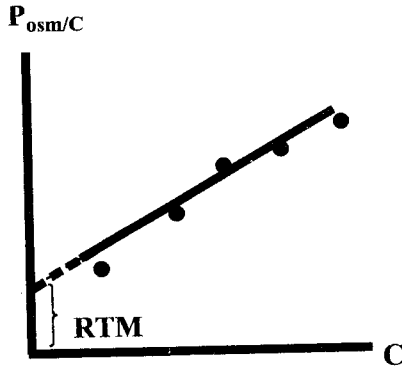
YuMB larning juda suyultirilgan eritmalarida kinetik birlik rolini yaxlit molekulaning o‘zi, konsentrlangan eritmasida esa uning ayrim bir bo‘lagi–segmenti bajaradi. Osmotik bosim faqat eritmadagi zarracha (segment) soniga bog‘liq bo‘lgani uchun konsentratsiya ortishi bilan eritmaning osmotik bosimi konsentratsiyaga nisbatan tezroq ortadi. Shularga asoslanib, **Flori va Xaggins** polimerlarning suyultirilgan eritmasi konsentratsiyasi bilan uning osmotik bosimi o‘rtasidagi quyidagi nazariy bog‘liqlikni aniqladilar:

$$\pi = \frac{RT}{M} \cdot C + \beta C^2 + \beta C^3 + \dots$$

Bu tenglamadagi  $C$  ning kub ( $C^3$ ) va undan yuqori darajadagi qiymatlarini e‘tiborga olmasak, quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz (Galler tenglamasi):

$$\pi = \frac{RT}{M} C + \beta C^2$$

$\beta$ –erituvchining tabiatiga bog‘liq bo‘lib, erigan moddaning molyar massasiga bog‘liq emas.

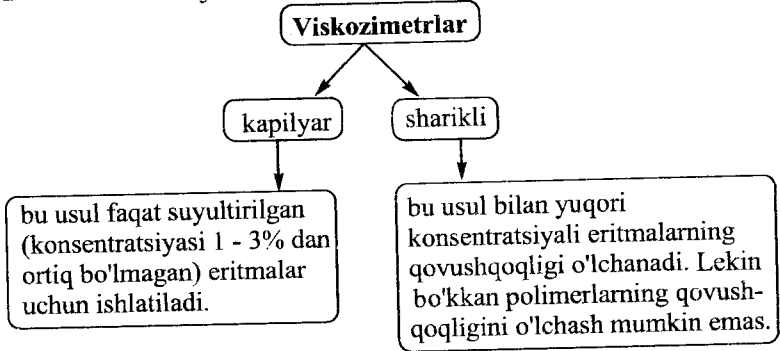


Rasm. Eritmadagi YuMB konsentratsiyasi bilan  $P_{osm}/C$  orasidagi bog‘liqlik

Biologik sistemalar–tarkibida noelektrolitlar, elektrolitlar va oqsillarni saqlovchi murakkab sistemalaridir. Ushbu barcha komponentlar umumiy osmotik bosimga o‘zining hissasini (ulushini) qo‘shadi. Qonning umumiy osmotik bosimi 7,7–8,1 atm.ga yetadi. YuMB eritmalarida osmotik bosim sezilarli darajada harorat va pH ga bog‘liq bo‘ladi.

### 10.5. YuMB eritmalarining qovushqoqligi

Qovushqoqlik yuqori molekulyar birikmalar eritmalarining xarakteristik xossasi hisoblanadi. Qovushqoqlikni aniqlashning bir nechta usullari mavjud. Masalan, viskozimetrik usul.





Boʻlkan polimerlarning qovushqoqligini oʻlchash uchun plastik oqim usulidan foydalaniladi.

**YuMB eritmalarining qovushqoqligi quyidagi oʻziga xos xususiyatlarga ega:**

- YuMB eritmalarining qovushqoqligi quyi molekulyar birikmalar eritmalarining qovushqoqligidan yuqori boʻladi;
- Bunday moddalarning suyuq eritmaları Nyuton va Puazeylning qonunlariga boʻysunadi, yaʼni ularning qovushqoqligi bosimga bogʻliq emas;
- YuMB eritmalarining qovushqoqligi konsentratsiya ortishi bilan ortib boradi.

Maʼlumki, qovushqoqlikni kapillyar asboblar yordamida aniqlash qovushqoqlikni kapillyardan oʻtuvchi suyuqlik tezligi bilan bogʻliqligini ifodalovchi Puazeyl tenglamasiga asoslangan:

$$\frac{Q}{\tau} = \frac{\pi \cdot r^4 P}{8 \cdot l \cdot \eta}$$

P-gidrostatik bosim, Q—kapillyardan  $\tau$  vaqt oraligʻida oqib oʻtgan suyuqlik miqdori, r—kapillyar radiusi, l—kapillyar uzunligi,  $\eta$ —sistemaning absolyut qovushqoqligi:

Eritma qovushqoqligining erituvchi qovushqoqligiga nisbati nisbiy **qovushqoqlik** deyiladi.

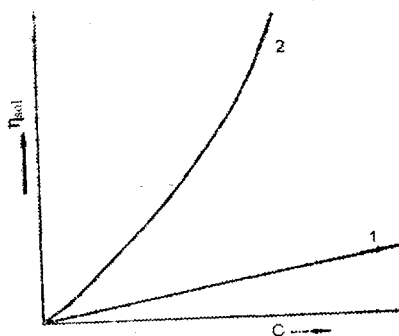
$$\eta_{\text{nisbiy}} = \frac{\eta_{\text{eritma}}}{\eta_{\text{erituvchi}}} = \frac{T_{\text{eritma}}}{T_{\text{erituvchi}}} = \frac{P_{\text{eritma}}}{P_{\text{erituvchi}}}$$

$P_{\text{erituvchi}} = P_{\text{eritma}}$  boʻlsa  $\eta_{\text{nisbiy}} = \frac{T_{\text{eritma}}}{T_{\text{erituvchi}}}$  boʻladi.

Qovushqoqlik koeffitsiyenti  $\eta$  ning haroratga bogʻliqligi

$$\eta = A \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

T qancha katta boʻlsa  $\frac{E}{RT}$  yaʼni eritmaning qovushqoqligi shuncha kam boʻladi.



Qovushqoqlikning eritma konsentratsiyasiga bog‘liqligi  
1-quyi molekulyar modda; 2-yuqori molekulyar birikma  
eritmaları

Bu bog‘liqlik Eynshteynning viskozimetrik tenglamasi bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta = \eta_0 \left( 1 + 2,5 \frac{V_1}{V_s} \right)$$

$\eta_0$  -erituvchining qovushqoqligi;  $V_1$ —erigan moddaning hajmi;  $V_s$ —juda suyultirilgan eritmaning hajmi ( $C \neq 0,1-0,5\%$  ya’ni ularning konsentratsiyasi 0,1-0,5% dan oshmasligi kerak).

Polimer eritmalarining Eynshteyn tenglamasidan chetlanish molekulaning shakli va uning katta–kichikligiga bog‘liq.

Eritmalarda makromolekulalarni qattiq tayoqcha shaklida deb hisoblab Shtaudinger suyultirilgan eritmalarining qovushqoqligi bilan konsentratsiyasi orasida bog‘liqlik borligini topdi:

$$\eta_{sol} = K_M \cdot M \cdot C$$

$K_M$ —har bir gomologik qator uchun o‘zgarmas son;

$M$ —erigan polimerning molyar massasi;

$C$ —molyar konsentratsiya.

Bu tenglamadagi solishtirma qovushqoqlik ( $\eta_{sol}$ ) toza erituvchiga polimer qo‘shilgandagi qovushqoqlikning nisbiy ortishidan iborat:

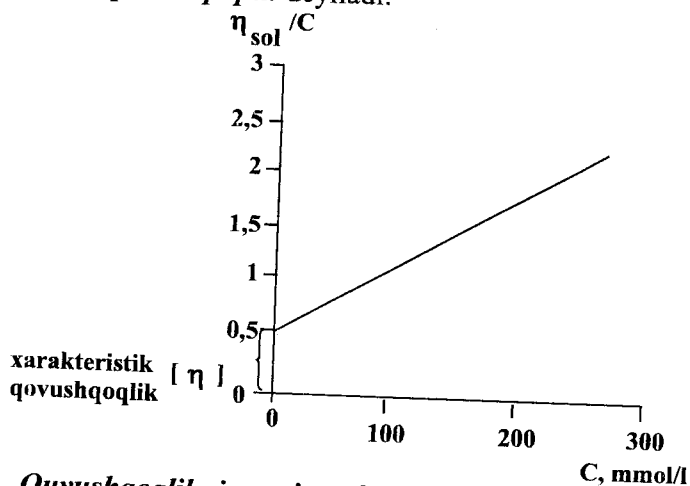
$$\eta_{sol} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{\eta}{\eta_0} - 1 = \eta_{nisbiy} - 1$$

$\eta$  - eritmaning qovushqoqlik koeffitsiyenti;

$\eta_0$  - erituvchining qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Agar  $\eta_{sol} = K_M \cdot C \cdot M$  ning ikkala qismi  $C$  ga bo'linsa

$\frac{\eta_{sol}}{C} = K \cdot M$  ga ega bo'lamiz.  $\frac{\eta_{sol}}{C}$  ning qiymatiga *keltirilgan yoki xarakteristik qovushqoqlik* deyiladi.



### *Qovushqoqlikning eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi*

Polimer-molekulyar massasini topish uchun xarakteristik qovushqoqlik ishlatiladi. Xarakteristik qovushqoqlik Mark-Xauvink tenglamasidan foydalanib hisoblanadi:

$$[\eta] = KM^a; M = \sqrt[a]{\frac{[\eta]}{K}}$$

Biologik suyuqliklarning qovushqoqligini aniqlash (ayniqsa qonning) diagnostik ahamiyatga ega.

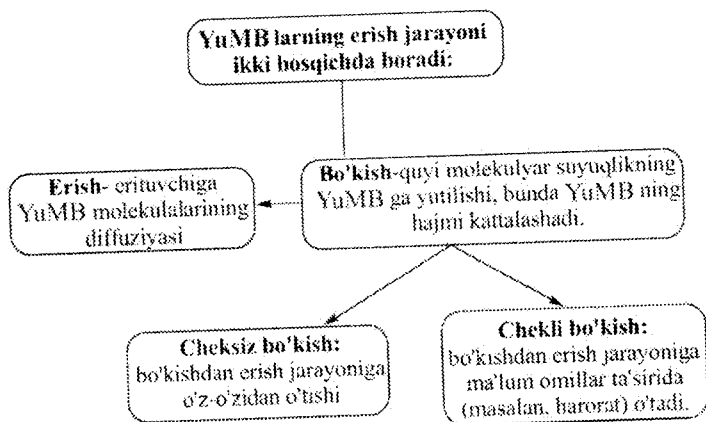
Qonning normadagi qovushqoqligi  $4 \div 5$ ; plazmaning qovushqoqligi esa  $1,6 \text{ mPa} \cdot \text{C}$ . Taqqoslash uchun suvning  $20^\circ\text{C}$  dagi qovushqoqligini keltiramiz:  $1 \text{ mPa} \cdot \text{C}$ .

Turli patologik holatlarda qonning qovushqoqlik qiymati 1,7 dan 22,9 mPa·C gacha o'zgarishi mumkin.

Qon qovushqoqligining normasi (me'yori) amalda odamning yoshi, jinsi va ovqatlanish rejimiga bog'liq emas.

Qovushqoqlikning ortishi plazmada oqsillarning oshishiga olib keladi. Ateroskleroz, miokard infarkti va venozli trombozlarda qon plazmasining qovushqoqligi ortadi. Jigar sirrozida esa qovushqoqlikning pasayishi kuzatiladi.

### 10.6. YuMB ning bo'kishi va erishi



Yuqori molekulyar amorf birikmalarning erish jarayonini quyi molekulyar suyuqliklarning o'zaro almashish jarayoniga o'xshatadilar. Quyi molekulyar ikki suyuqlikning aralashish jarayoni va polimerning erishi bir-biriga o'xshaydi.

Polimer erish jarayonining o'ziga xos xususiyatlarini makromolekulaning zanjirli tuzilishi vujudga keltiradi. Chiziqsimon polimer quyi molekulyar moddalardan farq qilib, erishdan avval bo'kadi. Bo'kish jarayonida polimer erituvchini o'ziga yutadi, bunda uning hajmi va og'irligi ortadi, o'zining mikroskopik bir jinslilikini yo'qotmagan holda u yumshoq va cho'ziluvchan bo'lib qoladi.

Bo'kish nima? Ma'lumki, ikki suyuqlik aralashganda birining molekulalari ikkinchisining molekulalari orasida tarqaladi. Chunonchi, probirkadagi suvga spirt qo'shilganda, spirt molekulalari suvda, suv molekulalari spirtida tarqala boshlaydi va bu jarayon suv bilan spirt molekulalari to'la aralashib bo'lguncha davom etadi. Har ikkala suyuqlikning molekulalari o'lchami va harakatchanligi bir-biriga yaqin bo'lganligidan bu suyuqliklarning birini ikkinchisida va ikkinchisini birinchisida aralashish tezliklari ham bir xil bo'ladi.

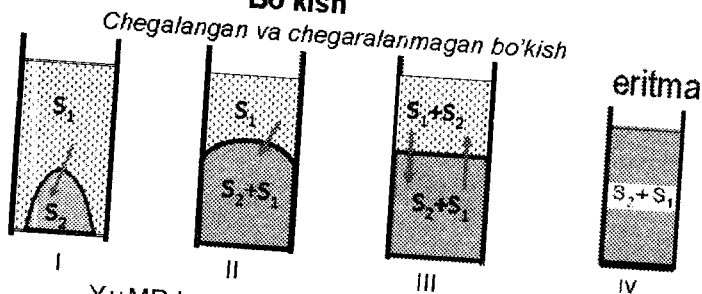
Polimer birikma quyi molekulyar moddada eriyotganda suyuqlik molekulasi polimer makromolekulasiga nisbatan harakatchan bo'lganligidan kichik molekulalarning makromolekulalar orasiga diffuziyalanishi ro'y beradi, polimer bo'kadi. Diffuziyalanish polimerning tuzilishiga bog'liq: agar polimer amorf bo'lsa, egiluvchan makromolekulalar segmentlarining issiqlik harakati natijasida ularda bo'shliq paydo bo'ladi, suyuqlikning yutilishi ortadi. Bunda suyuqlik molekulalari bo'shliqlarni to'ldirib, polimer molekulasi halqalarini bir-biridan ajrata boshlaydi. Bu hol makromolekulalarning bir-biridan uzoqlashishiga, yangi-yangi bo'shliqlar hosil bo'lishiga olib keladi. Hosil bo'lgan bo'shliqlarni yana erituvchi molekulalari kelib to'ldiradi. Natijada hajm kattalashadi. Bu jarayon polimer makromolekulalari bir-biridan yetarli darajada uzoqlasha boshlab, so'ng makromolekulalar bir-biridan ajralguncha, ya'ni eritmaga o'tguncha rivojlanadi. Shunday qilib, cheksiz bo'kish erishdir. Bo'kish esa o'zi erishdan oldin sodir bo'ladigan kinetik effektdir. Polimerning bo'kishi va erishi molekulyar massaga bog'liq. Molekulyar massa qancha katta bo'lsa, bo'kish va, demak erish ham shuncha qiyin bo'ladi. Molekulyar massaning kamayishi bilan polimerning erishi, quyi molekulyar birikmalarning erishiga o'xshab boradi. Masalan, obdon destruksiyalangan kauchuk bo'kmay turib eriyveradi. Shunday qilib, yuqori molekulyar birikmaning cheksiz bo'kishi, ya'ni polimerning erishi ikki suyuqlikning o'zaro cheksiz aralashishi kabi bo'ladi. Sistemadagi bir komponent molekulasining egiluvchan uzun zanjirli tuzilishga ega ekanligi yuqorida keltirilgan ikki jarayon orasidagi farqqa sabab bo'ladi.

Polimerlarning chegarali bo'kishi ham ma'lum. Chegarali bo'kish eritmaga o'tmaydigan bo'kishdir. Boshqacha aytganda, polimer ma'lum darajagacha bo'kkach, jarayon to'xtaydi va erish sodir bo'lmaydi. Buning sababi – yuqori molekulyar birikma bilan erituvchi o'zaro cheklangan aralasha olish imkoniyatiga egaligidadir. Buning natijasida, jarayon oxirida, sistemada ikki faza – polimerning erituvchidagi to'yingan eritmasi va erituvchining polimerdagi to'yingan eritmasi (bo'kkan polimer) hosil bo'ladi. Chegarali bo'kishda bo'kkan polimerning hajmi va polimer eritmasining konsentratsiyasi doimiy bo'ladi.

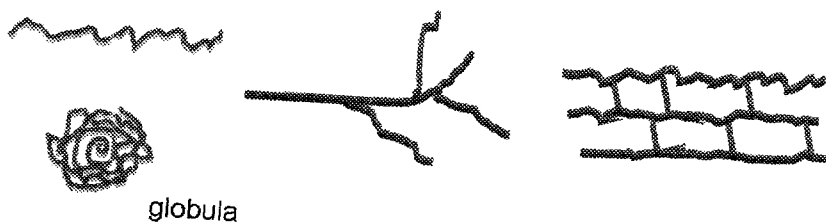
Polimerning chegarali bo'kishi ikki suyuqlikning bir-biri bilan chegarali aralashishiga ko'p jihatdan o'xshash. Ko'pincha chegarali bo'kish (quyi molekulyar suyuqliklarning chegarali erishi ham) tajriba sharoitining o'zgarishi bilan cheksiz bo'kishga (erishga) o'tadi. Chunonchi, jelatina yoki agar-agar sovuq suvda chekli bo'ksa, temperatura ortishi bilan unda eriydi.

Polimer makromolekulalari orasida «ko'prik bog'» deb ataluvchi ko'ndalang bog'lar bo'lishi ham yuqori molekulyar birikmaning chegarali bo'kishiga sababchi bo'ladi. Makromolekulalar orasidagi mavjud bog' molekulalarning bir-biridan ajralishiga va eritmaga o'tishiga to'sqinlik qiladi. Ammo makromolekulaning «ko'prik»lar orasidagi qismlari o'zaro uzoqlashishi, egilishi mumkin. Natijada erituvchi molekulalari makromolekulalar orasiga kirishi, ya'ni polimer bo'kishi mumkin. Bu jarayon fazoviy to'rsimon molekulada bo'kishga qarshi kuch paydo bo'lguncha davom etadi. Aytilganlarga vulkanlangan kauchukning benzolda bo'kishi misol bo'la oladi. Makromolekulalararo kimyoviy bog'ning ko'payishi bilan yuqori molekulyar birikmaning erishigina emas, hatto bo'kishi ham qiyinlashadi (masalan, ebonit). Fazoviy choklanishning pishiqligidan, ya'ni makromolekulalararo bog'ning ko'pligidan erituvchi molekulalari polimer ichiga diffuziyalana olmaydi.

## Bo'kish



YuMB larning erish bosqichlari ketma-ketligi



Bo'kish miqdorini aniqlash maqsadida polimerning bo'kish darajasi degan tushunchadan foydalaniladi. U quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100 \text{ yoki } \alpha = \frac{V - V_0}{V_0} \cdot 100$$

Bunda:  $m_0$ —polimerning bo'kishgacha bo'lgan og'irligi;  
 $m$ —polimerning bo'kishdan keyingi og'irligi.

$V_0$  va  $V_1$ —mos hajmlar;

Namunaning bo'kish darajasini uning hajm o'zgarishi orqali ham aniqlash mumkin.

Makromolekulaning o'lchami katta bo'lganligidan polimerning bo'kish va erish jarayonlari uzoq vaqtga cho'ziladi. Polimer ma'lum vaqt oralig'ida tortish yoki uning hajm o'zgarishini o'lchash yo'li bilan polimerning bo'kish kinetikasini o'rganish mumkin.

## 10.7. YuMB erishining termodinamikasi

Polimerning mazkur erituvchida erish-erimasligini erituvchi hamda polimer moddaning fizik konstantalariga, erituvchi bilan polimer molekulari orasidagi energetik munosabatga asoslanib oldindan real aytib bo'lmaydi. Shuning uchun polimerning biror erituvchida erish jarayonini termodinamik nuqtai nazardan ko'rib chiqaylik.

Termodinamika kursidan ma'lumki, o'z-o'zidan boruvchi izotermik jarayonlar doimiy bosimda sistema termodinamik potensialining va doimiy hajmda erkin energiyaning kamayishiga olib keladi. Demak izotermik sharoitda polimer moddaning erituvchida o'z-o'zidan (tashqi kuch ta'sirisiz) erishi boshqa moddalar erishi kabi termodinamikaviy izobarik potensialning yoki erkin energiyaning ( $V=\text{const}$ ) kamayishi bilan boradi. Aytilgan bu ikki funktsiya tubandagicha ifodalanadi:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S; \Delta F = \Delta U - T\Delta S.$$

Bunda  $G$  — termodinamikaviy izobarik potensial;

$H$  — issiqlik sig'imi yoki entalpiya;

$T$  — absolyut temperatura;

$S$  — entropiya;

$F$  — erkin energiya (izoxor potensial);

$U$  — ichki energiya.

Keltirilgan tenglamalardan ko'rinadiki, sistema termodinamik potensialining yoki erkin energiyaning kamayishi va demak polimer moddaning o'z-o'zidan erishi uchun  $\Delta G$  va  $\Delta F$  manfiy qiymatga ega bo'lishi kerak:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0 \text{ yoki } \Delta F = \Delta H - T\Delta S < 0$$

Boshqacha aytganda,  $\Delta H < 0$  yoki  $\Delta U < 0$  bo'lganda jarayon o'z-o'zicha sodir bo'ladi.

Egiluvchan zanjirsimon molekulari amorf polimerning erish jarayonida erish issiqlik effekti uncha katta bo'lmaganligi uchun  $T\Delta S > \Delta H$  yoki  $T\Delta S > \Delta U$  bo'ladi. Ammo qutbli polimerlarning



erishi jarayonida ichki energiyaning o'zgarishi erish issiqlik effekti qiymatidan muhimroq rol o'ynashi mumkin.

Kristall polimerlarning erish jarayonida ham ichki energiyaning roli katta, chunki kristall polimerning erishi quyi molekulali kristallarning erishi kabi kristall panjaraning buzilishi bilan boradi; kristall panjarani buzish uchun esa energiya sarflanadi. Shuning uchun ham kristall polimerning erish jarayonida issiqlik yutiladi. Kristall polimerning o'z-o'zicha erishi uchun polimer molekulasining erituvchi molekulasi bilan ta'sirlashuv kuchi katta bo'lishi kerak. Bu holda polimer molekulasi solvatlanadi va ajralib chiqayotgan issiqlik kristall panjaraning buzilishiga sarflanadi.

Shunday qilib, egiluvchanlik darajasi va o'zaro ta'sir etuvchi guruhlar xarakteri hamda polimerning fazoviy holatiga qarab entropiya va ichki energiya polimerning erish jarayoniga turlicha ta'sir etadi.

Ikki elastik polimer aralashganda egiluvchan molekulalar zanjiri bir-biriga istalgan formada joylashishga halaqit berganligi uchun aralashmada qo'shimcha molekulalar o'rinishi sodir bo'lmaydi. Natijada ikki polimer aralashuvining molyar entropiyasi turg'un bo'lib, ideal aralashuv entropiyasiga teng bo'ladi. Demak, bunday aralashmalarda molekulyar massaning ortishi bilan aralashuv entropiyasining qiymati nolga yaqinlashadi va ikki polimerning aralashish jarayoni faqat erish issiqligining ishorasiga bog'liq bo'lib qoladi. Issiqlik effekti musbat bo'lsa, polimerlar bir-birlarida eriydi, agar issiqlik effekti manfiy bo'lsa, polimerlar bir-birlarida erimaydi.

#### Bo'kish

**Cheksiz bo'kish**-polimer avvaliga erituvchini o'ziga yutadi, so'ngra ayni haroratda bir fazali gomogen sistema hosil qilib eritmaga o'tadi. Kauchuklar uglevodorodlarda, biopolimerlar suvda ana shunday bo'kadi.

**Chekli bo'kish**-tarkibida kimyoviy bog'-ko'prik saqlovchi polimerlarda sodir bo'ladi. Bunda polimer molekulalari bir-biridan uzilmaydi va eritmaga o'tmaydi. Bunday bo'kuvchi polimerlarga vulkanlangan kauchuk kiradi. Vulkanlangan kauchuk tarkibida ko'prik bog'lar bo'lib, bu vazifani oltinugurt atomlari bajaradi.

Termodinamik nuqtai-nazaridan bo‘kish jarayoni Gibbs energiyasining kamayishi bilan xarakterlanadi va ikki bosqichdan

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$$

iborat bo‘ladi:

I-bosqich—energetik bosqich bo‘lib, polimerlarning solvatlanishi (gidratlanishi) bilan xarakterlanadi:

$$\Delta H < 0; \Delta S \approx 0$$

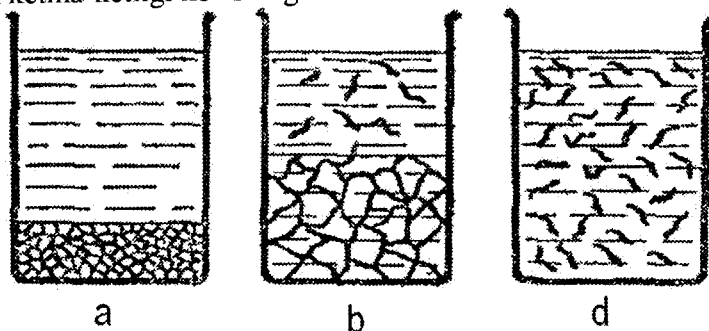
Bunda  $T\Delta S < \Delta H$ , shuning uchun  $\Delta G < 0$  entalpiyaning kamayishi hisobiga (ekzotermik bosqich) o‘zgaradi (kamayadi);

II-bosqich-YuMB turining buzilishi bilan sodir bo‘lib, bu vaqtda polimerning hajmi ortadi, shuning uchun entropiya oshadi, entalpiya esa deyarli o‘zgarmaydi:

$$\Delta H \approx 0; \Delta S > 0; T\Delta S > 0$$

Gibbs energiyasining kamayishi  $\Delta G < 0$  entropiyaning ortishi hisobiga sodir bo‘ladi.

Quyidagi rasmda YuMBning quyi molekulyar suyuqlikda erish ketma-ketligi ko‘rsatilgan:



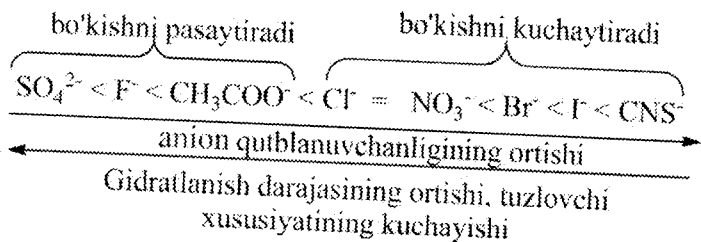
Quyi molekulyar suyuqlikda YuMBo‘zaro erishining ketma-ket bosqichlari

Bo‘kish bosimining hisoblash uchun Poznyakning empirik tenglamasidan foydalaniladi:

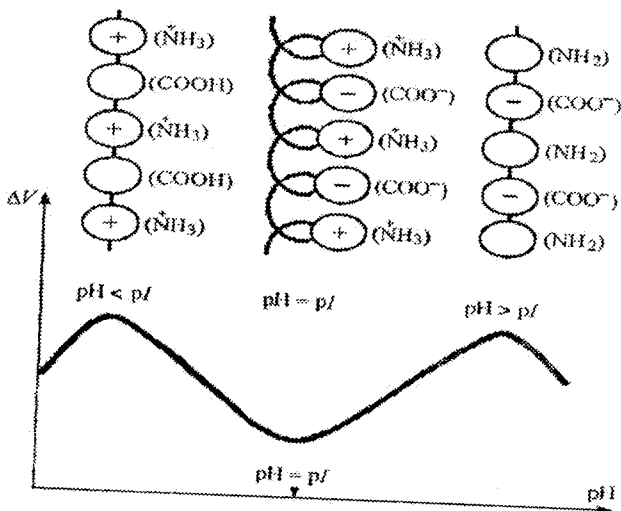
$$P_{bo'kish} = K \cdot c^n$$

bu yerda K-erituvchi va polimerning tabiatini bog‘lovchi konstanta, c—YuMBning konsentratsiyasi,  $n \approx 3$ , YuMBning va erituvchining tabiatiga bog‘liq emas.

**Bo'kish jarayoniga ta'sir etuvchi omillar.** Bo'kish darajasi erituvchining va polimerning tabiatiga bog'liq. "O'xshash o'xshashlarida" qoidasiga muvofiq qutbli biopolimerlar (oqsillar, polisaxaridlar, nuklein kislotalar) suvda yaxshi bo'kadi. Polimerlarning suvda bo'kishiga elektrolitlarning ishtiroki va muhitning pH qiymati ta'sir ko'rsatadi. Elektrolitlar ta'siri asosan anionlarga bog'liq, kationlar kam ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga bir anion bo'kishni kuchaytirsa boshqasi susaytiradi:



Polimerlarning bo'kishiga muhit pH ning ta'siri ko'proq oqsil eritmalarida namoyon bo'ladi, chunki ularning molekulari-poliamfolitlardir. Shunday qilib, oqsillarning bo'kish minimumi izoelektrik nuqta sohasida bo'kish darajasi ortadi, maksimumga erishadi va yana kamayadi:



### **Oqsillarning bo'kishiga eritma pH qiymatining ta'siri**

Izoelektrik nuqtada bo'kish darajasi kichik qiymatga ega, chunki har xil zaryadlangan zarrachalar bir-biriga tortilishadi, makromolekulaning konformasiyasi zichlashadi va bo'kish xususiyati kamayadi. Izoelektrik nuqtaning qiymatiga qarab makromolekula musbat yoki manfiy zaryadlanadi. Bir xil zaryadli ionlar bir-biridan itarilishib, makromolekulaning tuzilishini buzadi va polimerning bo'kish xususiyati ortadi.

*Bo'kish jarayoniga biopolimerning yoshi ta'sir ko'rsatadi:* u qancha yosh bo'lsa, bo'kuvchanligi shuncha yuqori bo'ladi.

*Bo'kish jarayoniga harorat ham ta'sir ko'rsatadi:* qizdirilganda polimerning bo'kish tezligi ortadi, to'yingan bo'kish darajasi esa kamayadi.

### **10.8. YuMB eruvchanligiga molekulyar massa, erituvchi tabiati va temperaturaning ta'siri**

Polimer makromolekulasi bilan erituvchi molekullari orasidagi munosabatning makromolekula egiluvchanligiga ta'siri muhim jarayonlardan biridir.

Makromolekula zanjiri egiluvchanligi erkin ichki aylanma harakatga, ya'ni molekullararo ta'sirga bog'liq bo'lganligi uchun polimerning erish jarayonida makromolekula bilan erituvchi molekullari orasida vujudga keladigan ta'sir zanjirsimon makromolekula egiluvchanligiga ta'sir etadi. Agar erish issiqlik effekti musbat bo'lsa, egiluvchanlik ortishi ham, kamayishi ham mumkin. Shuning uchun agar polimerning quyi gomologlari issiqlik ajratish bilan erisa, polimerning o'zi yo butunlay erimasligi, yoki ma'lum miqdorda erigan bo'ladi.

Polimer makromolekulasi bilan erituvchi molekulasi o'zaro ta'siri natijasida makromolekula zanjirining egiluvchanligi o'zgaradi. Agar erish jarayonida makromolekulaning egiluvchanligi yo'qolsa, ya'ni, erish entropiyasi keskin kamayib ketsa, polimerning erishi qiyinlashadi, va hatto, mutlaqo to'xtaydi; agar erish jarayonida egiluvchanlik ortsa, polimerning erishi osonlashadi. Aytilganlardan ma'lumki, polimer eriyotganda

makromolekulaning egiluvchanligi o'zgaradi va shu bilan polimerning erish jarayoni quyi molekulyar birikmalarning erish jarayonidan farqlanadi. Shuning uchun ham molekulyar massa oshgan sari polimerning eruvchanligi kamayadi; molekulyar massasi juda katta bo'lgan polimerlar molekulyar massasi kichik polimerlarga nisbatan qiyin eriydi. Polimerning erishi eritmadagi molekula zanjirining butun harakati bilan emas, balki shu molekulaning egiluvchan qismlari harakati bilan bog'liq bo'lganligi uchun polimerning molekulyar massasi termodinamik segmentning molekulyar massasidan oshganda eruvchanlik molekulyar massaga bog'liq bo'lmay qoladi. Boshqacha aytganda, molekulaning egiluvchanligi ham, uzunligi ham segment o'lchamidan katta bo'lsa, polimerning eruvchanligi molekulyar massaga bog'liq bo'lmaydi. Bundan xulosa shuki, polimerning yuqori molekulyar fraksiyalari juda suyultirilgan (bunda har bir molekula alohida kinetik birlik hisoblanadi) eritmalaridagina cho'kmaga tushiriladi.

Endi polimer eruvchanligiga temperaturaning ta'sirini ko'raylik: ma'lumki, temperaturaning ortishi bilan modda eruvchanligi ortadi. Bu hol  $\Delta F = \Delta U - T\Delta S$  tenglamadan yaqqol ko'rinib turibdi. Haqiqatan, temperatura ortishi bilan tenglamaning  $T\Delta S$  qismi ortadi. Agar ma'lum temperaturada polimer erimasa, ya'ni  $\Delta F > 0$  bo'lsa, temperatura ortishi bilan tengsizlik ishorasi teskariga aylanadi va natijada eruvchanlik ortadi.

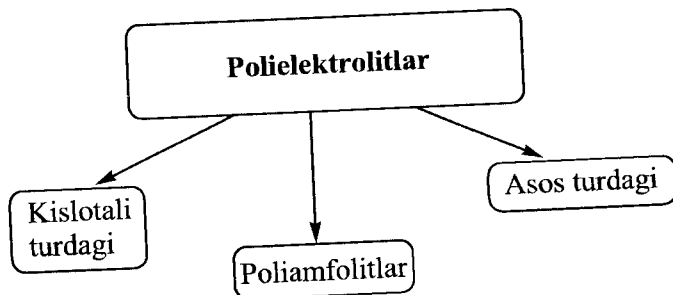
$$\Delta U - T_{kr}\Delta S = 0$$

tenglamadan aralashuvning kritik temperaturasini topish mumkin:

$$T_{kr} = \frac{\Delta U}{\Delta S}.$$

### 10.9. Polielektrolitlar va ularning xossalari

Polimer polielektrolitlar polimer-noelektrolitlardan xuddi quyi molekulyar elektrolitlar noelektrolitlardan nimasi bilan farq qilsa, shunday farq qiladi.



**Kislota tipidagi** polielektrolitlar tarkibida –  $\text{COO}^-$  (gummi-arabik, alginatlar, eruvchan kraxmal) yoki –  $\text{OSO}_3^-$  (agar-agar) guruhlar bo‘ladi.

**Asos tipidagi** polielektrolitlar tarkibida  $-\text{NH}_3^+$  kabi guruhlar bo‘lib, ular sintetik usulda olinadi.

**Poliamfolitlar** – tarkibida ham kislotali, ham asosli guruhlar bo‘lgan tabiiy va sintetik YuMB dir. Oqsillar tabiiy poliamfolitlardir.

Makromolekulasining fazoviy tuzilishiga ko‘ra:

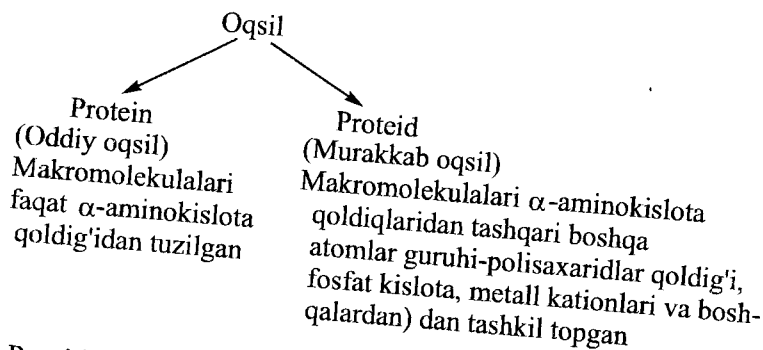
- Globulyar;

Globulyar oqsillar sferik yoki ellipsoid shaklga ega bo‘ladi. Masalan, gemoglobin. Globulyar oqsillar noaminokislota fragmentlariga–prostetik guruhlariga ega bo‘ladi. Gemoglobinda–gel (prostetik ya’ni, noaminokislota fragmenti) bo‘ladi.

- Fibrillyar oqsillarga bo‘linadi.

Fibrillyar oqsillar bir yoki bir nechta polipeptid zanjirlaridan iborat bo‘lib, ularning molekulari cho‘zilgan bo‘lib, ularning uzunligi diametridan bir necha marta katta bo‘ladi. Bunday tuzilishli oqsillar biriktiruvchi, elastik va qisqaruvchi to‘qimalar, soch va teri oqsillaridir.

**Oqsil** –  $\alpha$ -aminokislota qoldiqlaridan tuzilgan, polipeptid zanjiridan iborat bo‘lgan tabiiy yuqori molekulyar birikmalar (biopolimerlar)dir. Oqsillar tarkibiga ko‘ra 2 ga bo‘linadi:



Peptid va oqsillar  $\alpha$ -aminokislotalardan tuzilgan yuqori molekulyar birikmalardir. Molekulasida 100 tagacha aminokislotalar qoldiqlari saqlagan yuqori molekulyar birikmalar **peptidlar**, 100 dan ortiq aminokislotalar qoldiqlarini saqlaganlari esa **oqsillar** deyiladi.

Peptidlar oqsillardan biologik nuqtai nazardan o'z faoliyatlarining cheklanganligi bilan farq qiladi. Peptidlar uchun boshqaruvchanlik xossalari ko'proq xos.

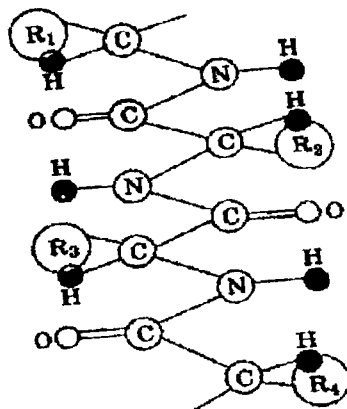
Oqsillar esa ferment, gormon, tuzuvchi, tashuvchi, qisqaruvchi, himoya vazifalarini bajaradi.

Oqsillar suvda eruvchanligiga ko'ra **globulyar va fibrillyar** oqsillarga bo'linadi. **Globulyar oqsillar**-oddiy oqsillar bo'lib, suvda shuningdek kislota va ishqorlarning suvli eritmalarida eriydi (masalan, tuxum oqsili albumin), **fibrillyar oqsillar**-suvda erimaydi (Masalan, keratin).

### 10.10. Oqsillarning tuzilishi

Oqsillar murakkab tuzilishli bo'lib, birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi tuzilishlari bilan farqlanadi. Ya'ni oqsillar birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi tuzilishga ega.

**Oqsilning birlamchi strukturasi** (tuzilishi) deganda oqsil molekulasining peptid (amid) bog'lar orqali ketma-ket tuzilishi tushuniladi.



Oqsilning birlamchi strukturasi

Oqsil tuzilishining polipeptid nazariyasini XX asr boshlarida E. Fisher taklif etgan. Insulin  $C_{254}H_{377}N_{65}O_{75}S_6$  (gormon)ning birlamchi tuzilishga ega ekanligi birinchi marta 1954-yilda ingliz biokimyogari F. Sendjer tomonidan aniqlangan.

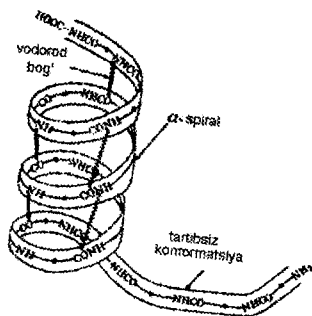
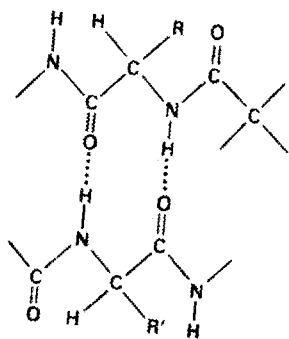
Uning molekulasida 2 ta polipeptid zanjiridan iborat bo'lib, ular bir-biri bilan bog'langan (bir zanjirida 21 ta, ikkinchisida 30 ta aminokislota qoldig'i bor).

$$M_r(\text{insulin})=5700.$$

Oqsillarning nisbiy molekulyar massalari 5 mingdan o'nlab milliongacha oraliqda o'zgaradi. Oqsil molekulasining xossasi nafaqat uning birlamchi tuzilishiga, balki polipeptid zanjirining konfiguratsiyasiga ham bog'liq.

**Ikkilamchi tuzilish.** Valent burchaklarga va aminokislota qoldiqlarining o'zaro joylashishiga mos ravishda polipeptid zanjir, odatda, spiralsimon (karboksil va aminoguruhlarining orasida hosil bo'ladigan ichki molekulyar vodorod bog'lanish natijasida) buralgan bo'ladi. Bu oqsillarning **ikkilamchi tuzilishi** deyiladi. Zanjirlar buralishining asosiy ikki xil usuli mavjud:  $\alpha$ -spiral va  $\beta$ -spiral.





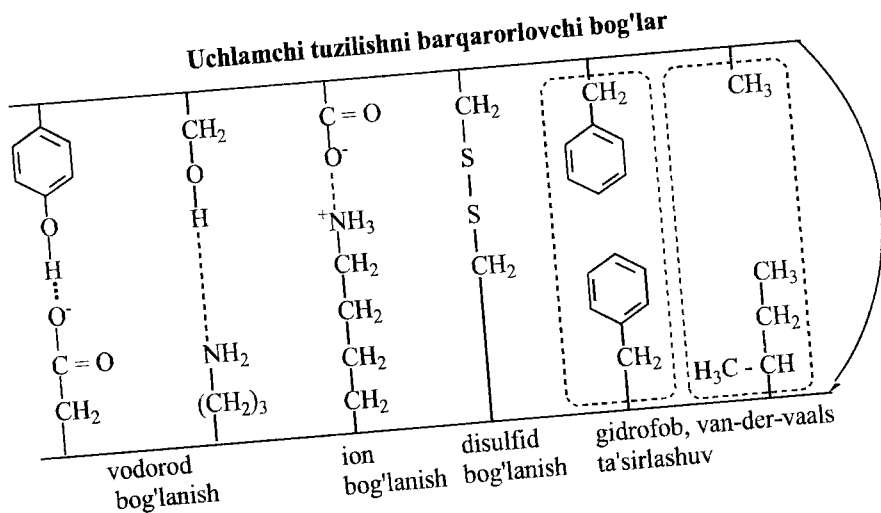
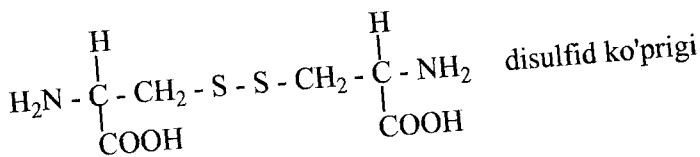
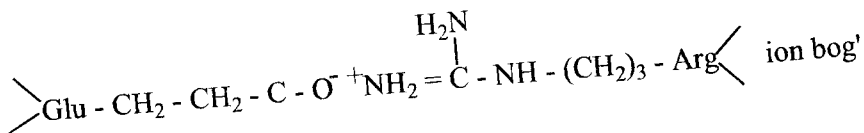
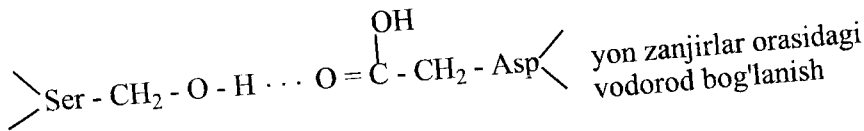
### Karboksil guruh va aminoguruh $\alpha$ -spirall orasidagi vodorod bog'lanish

Spiralning mustahkamligi uning qo'shni o'ramlardagi CO va NH guruhlar orasida vodorod bog'lanishning hosil bo'lishi bilan aniqlanadi. Nazariy jihatdan hamma - CO - va - NH - guruhlar vodorod bog'lanish hosil qilishda ishtirok etishi mumkin, shuning uchun ikkilamchi tuzilish juda mustahkam bo'ladi.

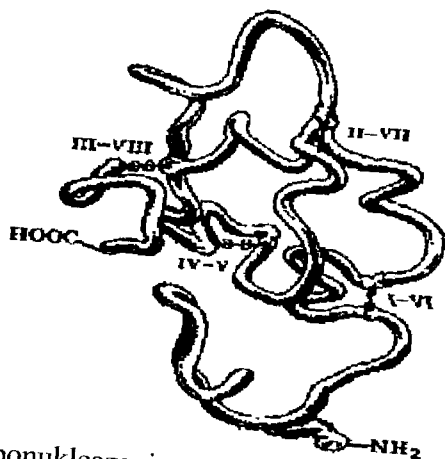
Ikkilamchi tuzilish 1951-yilda L. Poling tomonidan taklif etilgan.

**Oqsilning uchlamchi tuzilishi** - spirallarning fazoviy konfiguratsiyasi.

Uchlamchi tuzilish polipeptid zanjiriga birikkan funksional guruhlarining o'zaro ta'siri natijasida saqlanib turadi. Turli funksional guruhlarining ta'sirlashuvi natijasida polipeptid zanjirlarda *disulfid* (-S-S-) ko'prigi, *karboksil va aminoguruhlar orasida tuz ko'prigi* ( $\text{NH}_3^+ \text{COO}^-$ ) (ion bog'); (*karboksil va gidroksil guruhlar orasida*) murakkab efir ko'prigi (-O-CO-) hosil bo'ladi:

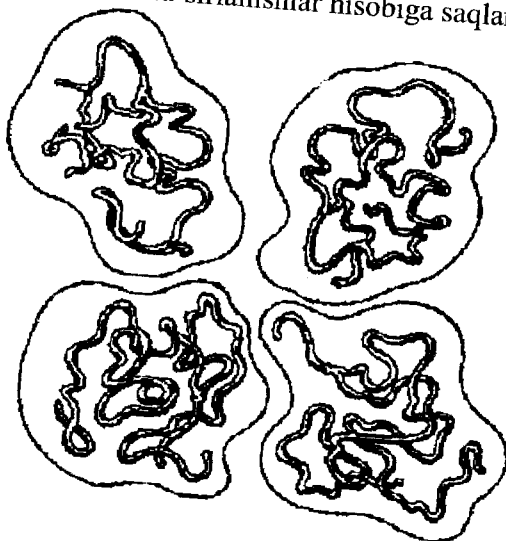


Natijada polipeptid zanjirlar fazoda ma'lum shaklni egallab, oqsilning uchlamchi tuzilishini hosil qiladi:



Ribonukleazaning uchlamchi strukturasi  
 rim raqamlari bilan sistein qoldig'idagi S-S bog'lari  
 ko'rsatilgan

*To'rtlamchi tuzilish*-bir nechta uchlamchi tuzilishga ega bo'lgan polipeptidlardan tashkil topgan birikmalar. To'rtlamchi tuzilish alohida-alohida polipeptid zanjirlar orasidagi vodorod bog'lanish va gidrofob o'zaro ta'sirlanishlar hisobiga saqlanib turadi.



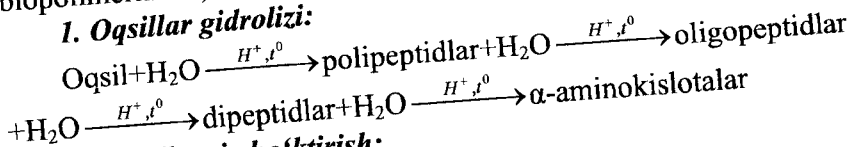
**Oqsillar denaturatsiyasi.** Bu jarayon natijasida oqsillarning (birlamchi tuzilishi buzilmaydi) ikkilamchi, uchlamchi va to'rtlamchi tuzilishlari (strukturalari) buziladi, natijada oqsillar o'zlarining biologik faolliklarini yo'qotadi.

**Denaturatsiya:**

- Harorat 60°C gacha va undan yuqori ko'tarilganda;
- Oksidlanish, qaytarilish jarayonlarida disulfid bog'lari buzilganda (uzilganda);
- Kuchli akseptorlar (mochevina, tuzlar va boshqalar) ta'sirida vodorod bog'lanishlar uzilganda;
- Fizikaviy ta'sirlar (ultratovush, turli xil nurlar ta'sirida va h.z) natijasida sodir bo'ladi.

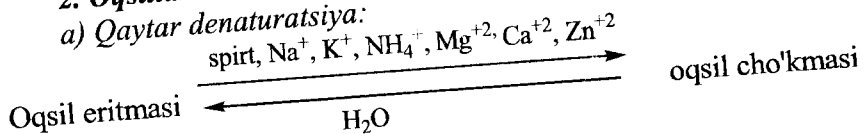
Oqsillarning aminokislota qoldiqlari radikallarida turli xil funksional guruhlar bo'ladi. Shuning uchun oqsillar oksidlanish-qaytarilish, eterifikatsiya, alkilash, nitrolash reaksiyalariga kirishadi hamda asos va kislota sifatida tuzlar hosil qiladi (oqsillar amfoter biopolimerlardir).

**1. Oqsillar gidrolizi:**

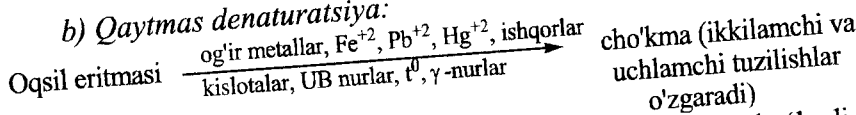


**2. Oqsillarni cho'ktirish:**

a) **Qaytar denaturatsiya:**

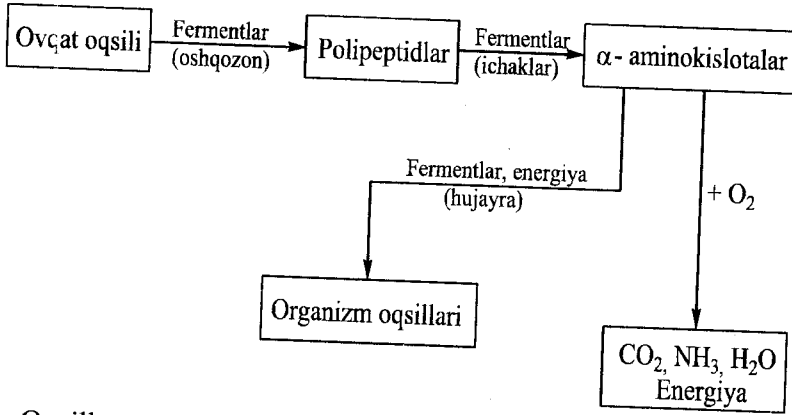


b) **Qaytmas denaturatsiya:**



Masalan, tuxum oqsili-albumin 60-70°C da eritmadan cho'kadi, suvda erish xususiyatini yo'qotadi.

**Organizmda oqsillarning o'zgarish sxemasi:**



Oqsillar yer yuzasida barcha tirik jonzotlarning asosi hisoblanadi va ko'pgina funksiyalarni bajaradi:

1. Plastik	Hujayra qurilish materiali	Masalan; kollagen, membrana oqsillari
2. Transport	Turli moddalarni tashiydi	Masalan; gemoglobin (O <sub>2</sub> va CO <sub>2</sub> tashiydi)
3. Himoya	Organizm uchun yot moddalarni yo'qotadi	Masalan; qon zardobi γ-globulini
4. Energetik	Organizmda energiya bilan ta'minlaydi	1 g oqsilning parchalanishidan 17,6 kDj energiya ajraladi
5. Katalitik	Organizmda boradigan kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiradi	Barcha fermentlar kimyoviy tarkibiga ko'ra oqsil hisoblanadi. Masalan; ribonukleaza
6. Qisqaruvchanlik	Organizmdagi va hujayradagi barcha harakatlarni ta'minlaydi	Masalan; miozin (mushak oqsili)
7. Regulyator	Organizmda almashinuv jarayonlarini boshqaradi	Garmonlar, masalan, insulin (glukoza almashinuvi)

Oqsillar organizmda spetsifik (maxsus) vazifalarni bajaradi: Masalan, nerv hujayralari o'rtasida impuls almashinuvini ta'minlaydi.

Oqsillar insonlar ovqat ratsionining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi: oziq –ovqat tarkibida oqsillarning yetishmovchiligi yoki bo'lmashligi jiddiy kasalliklarni keltirib chiqaradi.

### 10.11. Iviq hosil bo'lishi

Agregativ beqaror sistemalar-zollar struktur hosil qilish hodisasini ko'rib o'tgan edik. Buning natijasida gellar hosil bo'ladi. YuMB eritmalarida ham strukturalar hosil bo'ladi. YuMB eritmalarining strukturalar hosil qilishi natijasida *iviqlar* hosil bo'ladi.

Iviqlar xossalari jihatdan gellarga o'xshaydi. Ammo ularning farqli tomonlari ham bor:

- Iviqlar gomogen sistemalardir.
- Gellarda fazoviy turlar Van-der-Vaals kuchlari hisobiga hosil bo'ladi, iviqlarda esa kimyoviy va vodorod bog'lar hisobiga hosil bo'ladi.
- Iviqlarda bog'lar nafaqat makromolekulaning oxirlarida, balki, uning har bir sohasida ham hosil bo'ladi (agar o'zaro ta'sirlashuvchi guruhlar bo'lsa). Shuning uchun ular turli xil struktur–mexanik xossalarga ega bo'ladi.

#### *Iviq hosil bo'lish jarayoniga ta'sir qiluvchi omillar*

Iviqlar YuMB lar ma'lum darajada bo'kkanda hosil bo'ladi. Shu bilan birga iviq hosil bo'lishi YuMB larning chin eritmalarida ham sodir bo'ladi. Bu jarayonga quyidagi omillar ta'sir etadi:

- YuMB ning eritmadagi konsentratsiyasi;
- YuMB molekularining o'lchami va shakli;
- Harorat;
- Vaqt;
- Indifferent elektrolitlar ishtiroki;

- Muhitning pH qiymati.

Konsentratsiya ortishi bilan iviq hosil bo'lish jarayoni tezlashadi.

Jelatinaning 30% li suvli eritmasi 30<sup>0</sup>C da iviq hosil qilsa, 10% li eritmasi -22<sup>0</sup>C da iviq hosil qiladi.

Iviqlar uchun sinerezis xosdir-ya'ni, ular asta-sekin fazoviy to'rdan suyuqligini siqib chiqaradilar. Iviq to'rini to'ldirib turuvchi suyuqlik *intermitsellyar suyuqlik* deyiladi.

### Masalalar yechish

1. Agar Shtaudinger tenglamasidagi konstantalar:  $K=1,8 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/kg,  $\alpha=0,66$  va xarakteristik qovushqoqlik 0,8 m<sup>3</sup>/kg ga teng bo'lsa, geksanda erigan sellulozaning molekulyar massasini aniqlang.

Yechish: Mark-Xauvink tenglamasi  
 $[\eta]=KM^\alpha$  dan

$$M = \sqrt[\alpha]{\frac{[\eta]}{K}} = \sqrt[0,66]{\frac{0,8}{1,8 \cdot 10^{-4}}} = 336500$$

2. 1 l eritma tarkibida 5 g amiloza bor. Bu eritmaning osmotik bosimi 27<sup>0</sup>C da 0,388 mm.simob.ustuniga teng. Amilozaning molyar massasini aniqlang. ( $\beta=1$ ).

Yechish: YuMB eritmalarining osmotik bosimini hisoblash uchun Galler tenglamasidan foydalaniladi:

$$P_{osm} = \frac{RT}{M} \cdot C + \beta C^2$$

Massaviy konsentratsiyani hisoblaymiz:

$$C = \frac{m}{V} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 5 \text{ kg/m}^3$$

Osmotik bosimni paskallarda ifodalaymiz:

$$P_{osm} = \frac{0,388 \cdot 101325}{760} = 51,73 \text{ Pa}$$

Galler tenglamasidan foydalanib YuMB ning molyar massasini hisoblaymiz:

$$M = \frac{RTC}{P_{osm} - \beta C^2} = \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 5}{51,73 - 1 \cdot (5)^2} = 466 \text{ kg/mol}$$

3. Massasi 3,5 g bo'lgan polimer aseton solingan idishga tushirildi. 1 soatdan so'ng polimerning massasi 1,5 g ga ortdi. Bo'kish darajasini hisoblang.

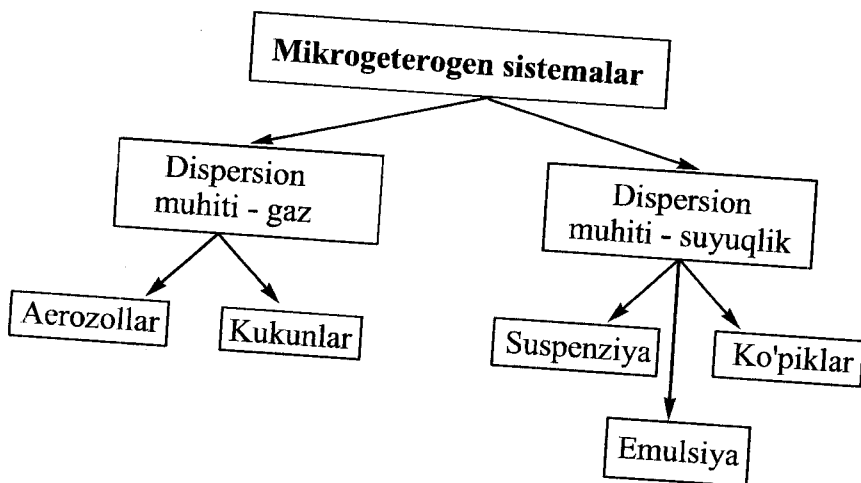
Yechish:  $\alpha = \frac{(m - m_0)}{m_0} \cdot 100$  formula bo'yicha

$$\alpha = \frac{5 - 3,5}{3,5} \cdot 100 = 42,86\%$$



# XI. MIKROGETEROGEN SISTEMALAR. SUSPENZIYALAR

## 11.1. Suspenziya



Dispersion muhiti suyuq, dispersion fazasi qattiq bo'lib, dispers faza zarrachalarining o'lchami  $10^{-5}$  sm (100 nm) dan katta bo'lgan dispers sistemalar—*suspenziyalar* deyiladi.

Liozollar (kolloid eritma) dan suspenziyalar rasman dispers faza zarrachalarining o'lchami bilan farq qiladi. Bundan tashqari suspenziyalarda qattiq faza zarrachalari Broun harakatida ishtirok etmaydi.

Suspenziyalar bir nechta belgilari bilan farqlanadi:

1. Dispersion muhit tabiatiga ko'ra: organosuspenziya (dispersion muhiti-organik suyuqlik) va suvli suspenziya.
2. Dispers faza zarrachalarining o'lchami bo'yicha: dag'al suspenziya ( $d > 10^2$  sm), nozik suspenziya ( $5 \cdot 10^{-5} < d < 5 \cdot 10^{-2}$  sm), xira (loyqa)-( $10^{-5} < d < 5 \cdot 10^{-5}$  sm).
3. Dispers faza zarrachalarining konsentratsiyalariga ko'ra: konsentrlangan va suyultirilgan.

Suyultirilgan suspenziyalar-erkin dispers tuzilishsiz sistemalaridir. Suyultirilgan suspenziyalarda suyuqlikda zarrachalar erkin harakat qiladi. Zarrachalar orasida o'zaro tortishuv bo'lmaydi va har bir zarracha kinetik erkin bo'ladi.

Konsentrlangan suspenziyalar (pastalar)da zarrachalar orasida ta'sir kuchlari bo'ladi, bu kuchlar fazoviy to'rlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Konsentrlangan suspenziyalar–bog'langan dispersli tuzilish sistemalaridir.

Suyultirilgan dispers sistemalar 2 xil usulda (dispergatsion usulda dag'al dispers sistemalardan va kondensatsion usulda) olinadi.

Suspenziyalarda elektrokinetik xossalari gidrozollarnikiga o'xshash bo'ladi.

Dzeta—potensial suspenziyalarda quyidagicha:

Kvars suspenziyalarida: -44mB; tuproq suspenziyasida -49 mB;

Zollarda: mishyak sulfid zolida -90 MB, Fe(OH)<sub>3</sub> zolida +52 mB.

Suspenziyalarda zarrachalarning o'lchami 10<sup>-5</sup> sm dan 10<sup>-2</sup> sm gacha va undan yuqori bo'ladi. Shuning uchun suspenziyalarning molekulyar–kinetik xossalari turlicha bo'ladi va ularning disperslik darajasi bilan aniqlanadi.

Zarrachalarining o'lchami 10<sup>-5</sup>–10<sup>-4</sup> sm bo'lgan suspenziyalar uchun diffuzion–sedimentatsion muvozanat o'rnatilishi kuzatiladi.

Zarrachalarining o'lchami 10<sup>-4</sup> sm dan 10<sup>-2</sup> sm gacha bo'lgan suspenziyalarda Broun harakati bo'lmaydi va ularda tez sedimentatsiya kuzatiladi. Sedimentatsiya tezligi

$$U_{sed} = \frac{2r^2(\rho - \rho_0) \cdot g}{9\eta},$$

bilan aniqlanadi. Agar U<sub>sed</sub> o'lchash mumkin bo'lsa, zarrachaning radiusini ham aniqlash mumkin bo'ladi:

$$r = \sqrt{\frac{9U_{sed} \cdot \eta}{2(\rho - \rho_0) \cdot g}}.$$

Bu urinish suspenziya va kukunlar sedimentatsion analizining asosini tashkil etadi. Shunday qilib suspenziyalar sedimentatsion (kinetik) va agregativ beqaror sistemalaridir.

Agregativ barqaror suspenziyalarda zarrachalar ma'lum shaklda sekin cho'kadi.

Agregativ beqaror suspenziyalar zarrachalar agregatlar hosil qilib tez cho'kadi. Hosil bo'lgan cho'kma ko'p hajmi egallaydi.

Suyultirilgan suspenziyalarning agregativ barqarorligi liofob zollarning agregativ barqarorligi bilan juda o'xshash. Ammo suspenziyalar liofob zollarga nisbatan agregativ barqarorroq. Chunki ularda zarrachalar kattaroq, demak, erkin sirt energiyalari kichik bo'ladi.

Suspenziyalarning agregativ barqarorligi buzilganda dispers faza zarrachalari cho'ka boshlaydi. Suspenziyalarning agregativ barqarorligi ta'minlanishi uchun:

- Dispers faza zarrachalari dispers muhit bilan ho'llanishi;

- Stabilizator bo'lishi kerak.

Stabilizator sifatida:

- Past molekulyar elektrolitlar;

- Kolloid sirt-faol moddalar;

- YuMB ishlatiladi.

Sirt-faol moddalarning stabillovchi ta'siri ularning fazalararo sirtida adsorbsion qavat hosil qilib adsorbilanish xususiyati bilan aniqlanadi.

Adsorbsion qavatning tuzilishi:

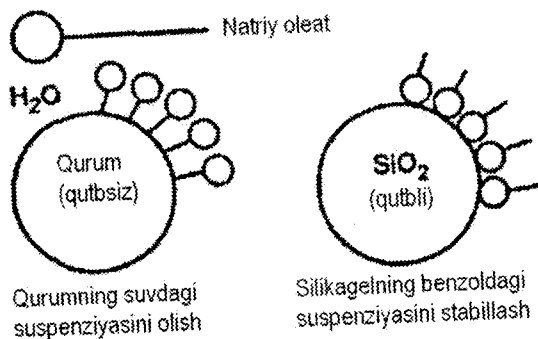
- SAM ning tabiati;

- Fazalararo sirt tabiati;

- Sirtning to'lish darajasi;

- Dispersion muhitda turli qo'shimchalarning borligiga bog'liq.

Adsorbsion qavatning o'zgarishi uning himoya xossasini aks ettiradi. Natriy oleat silikagelning benzoldagi suspenziyasini stabilizasiya qilish uchun ishlatiladi. Bu vaqtda natriy oleat o'zining qutbli guruhi bilan qattiq zarracha sirtiga adsorbilanadi. Bu holda natriy oleatning uglevodorodli qismi benzol tomonga yo'naladi. Silikagelning sirti gidrofob bo'lib, benzol uni ho'llaydi va suspenziya stabillaniradi:



## 11.2. Mikroheterogen sistemalarda sedimentatsion analiz

Agar radiusi  $r$ , zichligi  $\rho$  bo'lgan shar shaklidagi zarracha zichligi  $\rho_0$  qovushqoqligi esa  $\eta$  bo'lgan suyuqlikka tushirilsa, unga og'irlik kuchi ta'sir qiladi (sedimentatsiya):

$$F_{\text{sed}} = V(\rho - \rho_0)g$$

$V$ —zarrachaning hajmi bo'lib, u  $\frac{4}{3}\pi r^3$  ga teng,  $g$ -erkin tushish tezlanishi.

Bu vaqtda zarrachaning cho'kishiga ishqalanish kuchi ta'sir ko'rsatadi:

$$F_{\text{ishq}} = B \cdot U$$

$B$ —ishqalanish koeffitsiyenti,

$U$ —cho'kish tezligi.

Avvaliga zarracha tez harakat qiladi, chunki kichik tezlikda og'irlik kuchi ishqalanish kuchidan ustunlik qiladi.

Harakat tezligi ortishi bilan ishqalanish kuchi ortib boradi va ma'lum vaqtdan so'ng  $F_{\text{sed}} = F_{\text{ishq}}$  bo'ladi. Bu vaqtda zarracha doimiy tezlik bilan harakat qiladi. Bu vaqtga erishish uchun ko'p vaqt talab etilmaydi. Masalan, radiusi 50 mkm bo'lgan kvarts zarrachalari uchun bu vaqt  $3,4 \cdot 10^{-3}$  sek, 1 mkm radiusli kvarts zarrachalari uchun esa  $1,7 \cdot 10^{-6}$  sekundni tashkil etadi.

Yuqoridagi tenglamalardan kelib chiqadi:

$$U_{\text{sed}} = \frac{V(\rho - \rho_0)g}{B}$$

Stoks qonuniga mos ravishda  $B=6\pi\eta r$  va  $V=\frac{4}{3}\pi r^3$  ni inobatga olsak,

$$U_{sed} = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)g}{9\eta}$$

Shunday qilib, sedimentatsiya tezligi zarracha radiusining kvadratiga to'g'ri proporsional. Demak, turli o'lchamdagi zarrachalar turli tezlikda cho'kadi: zarracha qancha katta bo'lsa, uning cho'kish tezligi shuncha katta bo'ladi.

Agar cho'kish tezligini tajribada aniqlasak, zarrachaning radiusini osongina hisoblash mumkin bo'ladi:

$$r = \sqrt{\frac{U_{sed} 9\eta}{2(\rho - \rho_0) \cdot g}}$$

$\eta$ ,  $g$ ,  $\rho$ , va  $\rho_0$  larning qiymati sistemani xarakterlaydi:

$$r = K\sqrt{U_{sed}}$$

Bu tenglama

- Zarracha shar shakliga ega bo'lganda;
- Zarrachalar bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda doimiy tezlik bilan laminar harakat qilganida;
- Dispers muhit uchun ishqalanish ichki deb hisoblanganda to'g'ri bo'ladi.

Bu shartlar faqatgina zarrachalarning o'lchami  $10^{-5}$ – $10^{-2}$  sm bo'lgan sistemalar uchun o'rinli.

Agar zarrachaning o'lchami  $10^{-2}$  sm dan katta bo'lsa, ularning cho'kish tezligi yuqori bo'ladi.

Agar zarrachaning o'lchami  $10^{-5}$  sm dan kichik bo'lsa, bunday zarrachalar Broun harakatida qatnashadi. Natijada diffuziya sodir bo'ladi.

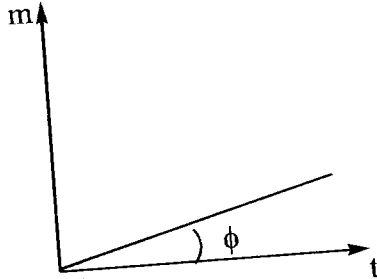
### 11.3. Monodispers kukunlarning sedimentatsion analizi

Monodispers sistemalarda zarrachalarning sedimentatsiya kinetikasi quyidagi tenglama bilan yoziladi:

$$m = \frac{Q}{H} U \cdot t,$$

bunda Q-dispers sistemaning umumiy massasi; H-suspenziya ustunining boshlang'ich balandligi; m-t vaqt birligida cho'kayotgan zarrachaning massasi.

Sedimentatsiyaning  $m=f(t)$  bog'liqlik grafisini tuzamiz:



$\phi$  burchak qiyaligi tangensi cho'kmaning to'planish tezligini karakterlaydi:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{QU}{H} = k = \text{const}$$

$t = \frac{H}{U}$  vaqtga erishilganda kukun cho'kmaga tushadi ( $m=Q$ ).

Chunki suspenziya monodispers ( $t=\text{const}$ ), zarrachalar bir xil tezlikda cho'kadi. Shuning uchun tinish (tindirish) chegarasi aniq bo'ladi va bu chegaraning harakat tezligi bo'yicha cho'kish tezligini aniqlash mumkin:

$$U_{\text{sed}} = \frac{h}{t}$$

h-t vaqt davomida cho'kkan cho'kmaning balandligi. U holda zarrachaning radiusini quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$r = K \sqrt{\frac{h}{t}} \text{ bu yerda } K = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho - \rho_0)g}}$$

Suspenziya-dispers fazasi qattiq, dispersion muhit suyuq mikroheterogen sistemalar (q/s) dir.

Dispers faza zarrachalarning qismaniy  
konsentratsiyasi ko'ra suspenziyalar

suyultirilgan

konsentrlangan  
(pastalar)

suspenziyalar bo'ladi.

Suspenziyalar zarrachalarining sirtida qo'sh elektr qavat paydo bo'ladi. Bu qo'sh elektr qavat suspenziyalarning agregativ barqarorligini ta'minlaydi. Liozollarga o'xshab, elektrolitlar qo'shilganida suspenziyalar katta agregatlarga koagulyatsiyalanadi.

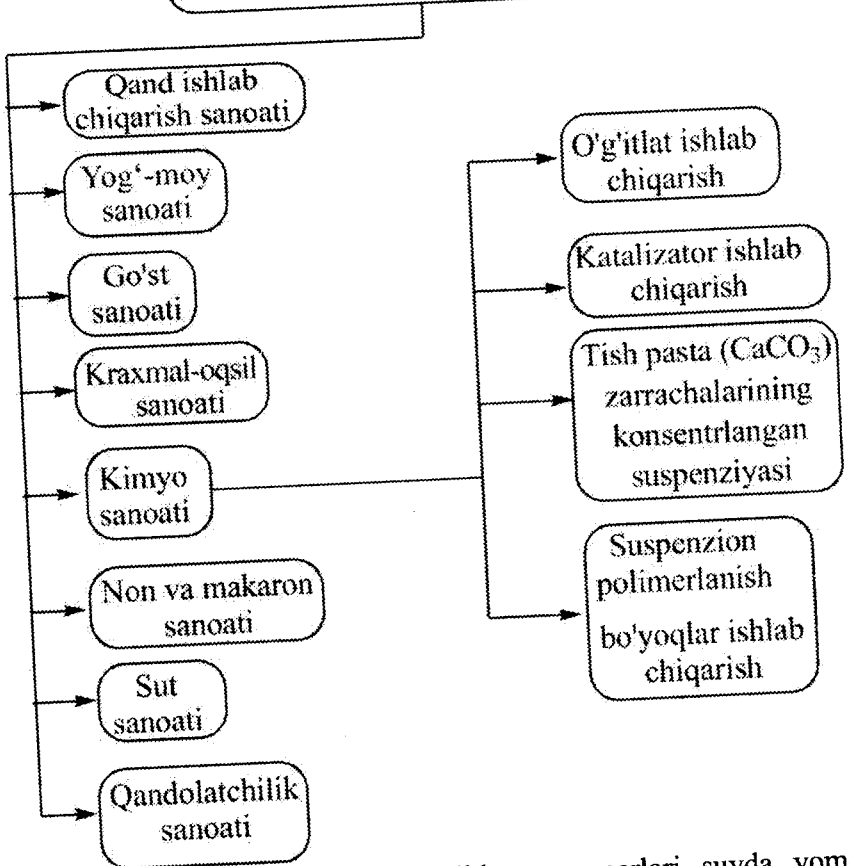
Tashqi elektr maydonida joylashtirilganda suspenziyalarda zollarga nisbatan kuchsiz elektrokinetik hodisalar kuzatiladi.

Suspenziyalar zollardan quyidagilar bilan farq qiladi:

- Suspenziyalar kinetik beqaror bo'lib, tezda cho'kadi;
- Molekulyar-kinetik xossalari-Broun harakati, diffuziya, osmos kuchsiz ifodalangan yoki umuman kuzatilmaydi;
- Suspenziyalar yorug'lik nurini sochmaydi, balki yorug'lik nurini qaytaradi yoki yutadi;
- Suspenziyalar dispers faza zarrachalarini oddiy mikroskop bilan ko'rish mumkin;
- Suspenziyalarda sirt hodisalari kuchsiz ifodalangan.

Meva sharbatlari, turli xil pastalar (tomat pastasi, shokolad pastasi), souslar, ketchuplar, tayyor gorchitsa va boshqalar-suspenziyalardir.

## Suspenziyalarning ishlatilish sohalari



Suspenzion polimerlash usulida monomerleri suvda yomon eriydigan polimerlar olinadi. Masalan, akril va metakril kislotalarining efirlari, stirol, divinilbenzol, vinilatsetat va boshqalar suvda yomon eriydi.

### 11.3.Emulsiya

Bir-birida erimaydigan, bir suyuqlikning ikkinchi suyuqlikda tomchilar ko'rinishida tarqalishidan hosil bo'lgan mikrogeterogen sistemalariga—*emulsiya* deyiladi.



Muallaq holdagi suyuq tomchilar *dispers faza* deyiladi. Dispers faza tarqalgan suyuqlik *dispersion muhit* deyiladi. Emulsiyalar  $C_1/C_2$  tipidagi mikrogeterogen sistemalaridir.

Emulsiyalarda fazalarning hammasi ham harakatchan bo'ladi. Dispers faza va dispersion muhitlar bir-biridan qutbliligi bilan keskin farq qilgan hollarda ular o'zaro aralashmaydi. Emulsiyalarga sut, limfa suyuqligi, bo'yoqlar misol bo'la oladi.

Emulsiyalar ikki xil belgi bo'yicha klassifikatsiyalanadi:

- Dispers fazaning konsentratsiyasi bo'yicha;

a) Suyultirilgan  $C \leq 0,1\%$  (hajmiy jihatdan).

Suyultirilgan emulsiyalarda dispers faza zarrachalarining o'lchami  $10^{-5}$  sm atrofida bo'ladi. Bunday emulsiyalarda dispers faza zarrachalari zaryadga ega bo'lmaydi va shuning uchun ular agregativ barqaror bo'ladi. Suyultirilgan emulsiyalarda Broun harakati, diffuziya, yorug'likning sochilishi va boshqalar sodir bo'ladi.

b) Konsentrlangan ( $0,1\% \leq C < 74\%$ ).

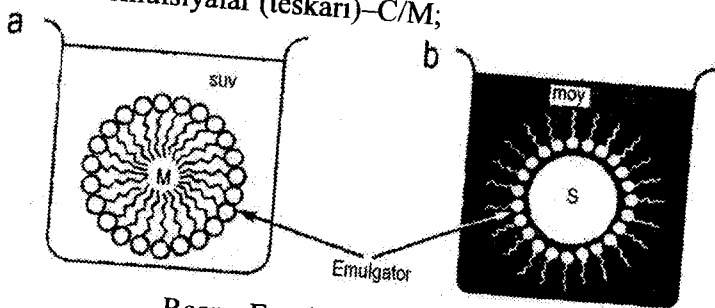
Bularda tomchi zarrachalarining o'lchami  $10^{-3}-10^{-4}$  sm ni tashkil etadi. Shuning uchun ular osongina sedimentatsiyalanadi va ularning barqarorligi stabilizatorning mavjudligi bilan aniqlanadi.

d) Yuqori konsentratsiyali emulsiyalar ( $C > 74\%$ ). Bularda Broun harakati va diffuziya kuzatilmaydi.

• *Dispers faza va dispersion muhitning qutbligiga ko'ra*

a) I tur emulsiyalar (to'g'ri)—M/C;

b) II tur emulsiyalar (teskari)—C/M;



Rasm. Emulsiyalarning turlari  
a-to'g'ri emulsiya (m/c); b-teskari emulsiya (c/m)

Istalgan qutbli suyuqlikni "C" (suv) harfi bilan, qutbsizini "M" (moy) harfi bilan belgilash qabul qilingan.

I tur emulsiyalarda qutbsiz suyuqlik tomchilari (moy), qutbli suyuqlik (suv) da tarqalgan bo'ladi.

II tur emulsiyalarda dispersion muhit qutbsiz bo'ladi.

### ***Emulsiyalarning turi quyidagi usullar yordamida aniqlanadi:***

•Elektr o'tkazuvchanligini o'lchash—to'g'ri emulsiyalarning elektr o'tkazuvchanligi yuqori, teskari emulsiyalarning elektr o'tkazuvchanligi past bo'ldi;

•Mo'l miqdordagi qutbli va qutbsiz suyuqliklarni aralashtirish;

•Suvda eriydigan va moyda eriydigan bo'yoqlarning bo'yalishi;

•Ho'llash bo'yicha, shuningdek, emulsiyalarning gidrofob va gidrofil sirtlarda yoyilishi.

Emulsiyalar gidrofob dispers sistemalarga mansub bo'lganligi uchun ular emulgatorlar deb ataluvchi maxsus stabilizatorlarning bo'lishini (ishtirokini) talab etadi.

Emulgatorlarning asosiy turlari:

•Sovun va sovunsimon SAMlar;

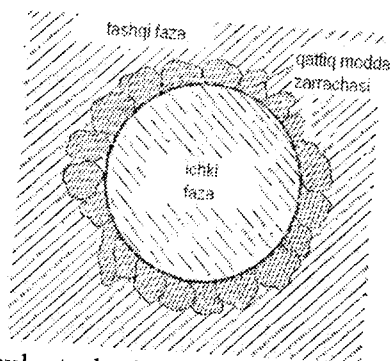
•Eruvchan YuMB;

•Yuqori disperslikka ega bo'lgan qattiq jism.

Emulgator tanlashda quyidagi umumiy qoidaga amal qilinadi:

Emulgatorlar hamma vaqt dispers fazaga nisbatan dispersion muhitda yaxshi eriydi, qattiq erimaydigan emulgatorlar yaxshi ho'llanadi.

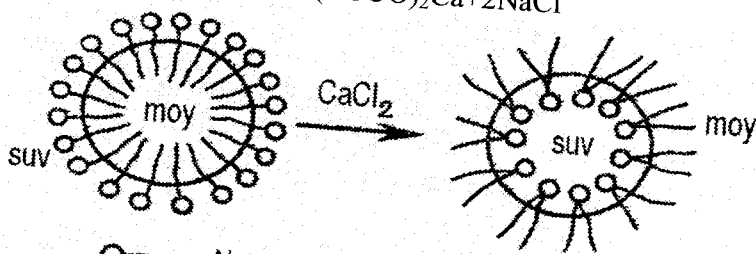
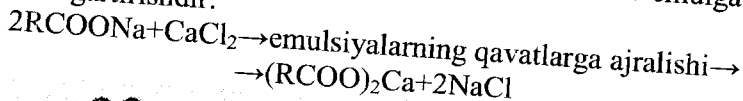
Eng yaxshi emulgatorlar bu sirt faol moddalar va ba'zi YuMB lardir. Emulgator sifatida juda maydalangan minerallarning suvda erimaydigan kukunlari: tuproq, gips, qurum, ba'zi metallarning oksid va sulfidlari ham ishlatiladi. Kukunlarning emulgirlash xususiyati suvda eriydigan emulgatorlarnikidan past bo'ladi:



### Qattiq emulgatorlar bilan emulsiyalarni stabillash

Emulsiya fazalarining o'tishi ya'ni, emulsiyalarning to'g'ridan teskari turga va aksincha o'tishidir. Emulsiyalar fazalarining o'tishini turli xil usullar bilan amalga oshirish mumkin: antagonist emulgatorlar qo'shish; emulgator bilan reaksiyaga kirishuvchi moddalar qo'shish; elektrolitlar qo'shish, dispers fazaning konsentratsiyasini oshirish va boshqalar:

Eng samarali usul bu—kimyoviy reagentlar ta'sirida emulgator tabiatini o'zgartirishdir:



○— Na - sovun molekulası

◡— Ca - sovun molekulası

Emulsiyalar sedimentatsion beqaror sistemalaridir

**Emulsiya 3 xil:**

- Dispergirlash;

- Kondensatsiya;
  - Erituvchini almashtirish usullarida olinadi.
- Emulsiyalarning xossalarni xarakterlashda quyidagi xarakteristikalar asosiy hisoblanadi:
- Emulsiya dispersiligi;
  - Vaqt davomida barqarorligi;
  - Dispers fazaning konsentratsiyasi.

#### 11.4.Emulsiyalarning agregativ barqarorligi

**Emulsiyalarning agregativ barqarorligi** – dispers faza zarrachalarining o'lchamini vaqt davomida o'zgartirmasdan saqlay olish ya'ni, koalesensiyaga qarshi turish xususiyati.

Agregativ barqarorlikka ta'sir etuvchi omillar:

- Elektrostatik omil. Emulsiyalarda tomchilar atrofida qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi va natijada energetik to'siq yuzaga keladi.
- Adsorbsion–solvatli omil. Emulgatorlar tomchining sirtiga adsorbilanib, "tomchi-muhit" chegarasida sirt taranglikni kamaytiradi. Natijada sistema barqaror bo'ladi. Agar emulgator o'rnida sirt-faol kolloidlar va YuMB lar ishlatilsa adsorbsion–solvat qobiq hosil bo'ladi.

- Struktur-mexanik omil. Tomchilarning sirtida emulgator molekulalari yuqori qovushqoqlik va elastiklik namoyon qiluvchi qavat hosil qiladi va tomchilarning o'zaro qo'shilishi (birikishi) ga bu qavatlar halaqit beradi (qarshilik qiladi). Agar emulgator YuMB va noionogen sirt faol moddalar bo'lsa, bu omil asosiy rolni o'ynaydi.

**Emulgator**–emulsiyalarning barqarorligini oshirish uchun ishlatiladigan stabilizatorlardir.

Sirt faol moddalar va juda maydalangan kukunlar emulgatorlar bo'la oladi. Umuman, moyning suvdagi emulsiyasini stabillash uchun **gidrofil** emulgatorlar, suvning moydagi emulsiyasini stabillash uchun esa **gidrofob** emulgatorlar ishlatiladi.

**Emulsiyalarning quvushqoqligi.** **Emulsiyalarning** qovushqoqligi uni tashkil qilgan dispers faza qovushqoqligi  $\eta_1$  ga, dispersion

muhit qovushqoqligi  $\eta_0$  ga dispers fazaning hajmiy konsentratsiyasi  $\varphi$  ga, emulgatorning xossalriga bog'liq. Dispers fazasi qattiq moddadan iborat dispers sistemalar qovushqoqligini ifodalovchi Enshteyn tenglamasi

$$\eta_c = \eta_0 (1 + 2,5 \varphi) \quad (1)$$

faqat dispers fazaning qovushqoqligi dispersion muhit qovushqoqligidan katta bo'lgan emulsiyalar uchun qo'llanila oladi. Teylor 1932-yilda emulsiyalar qovushqoqligini tekshirib, Enshteyn tenglamasiga o'xshash tenglamani taklif qiladi:

$$\eta_c = \eta_0 \left[ 1 + 2,5 \varphi \left( \frac{\eta_1 + 2\eta/5}{\eta_1 + \eta_0} \right) \right] \quad (2)$$

Bu tenglama Enshteyn tenglamasidan faqat

$$\frac{\eta_1 + 2\eta/5}{\eta_1 + \eta_0}$$

ko'paytuvchini borligi bilan farq qiladi. Teylor bilan tenglamani chiqarishda zarrachalar orasida o'zaro ta'sir yo'q, deb faraz qilgan D.Sibri emulsiyalarning qovushqoqligini hisoblab topish uchun quyidagi tenglamani taklif qilgan:

$$\eta_0 = \eta_0 \left[ \frac{1}{1 - (K \cdot \varphi)^{1/3}} \right] \quad (3)$$

Bu yerda  $K$  – “hajmiy omil” deyiladigan doimiy (3) omil bo'lib uning qiymati ko'pchilik emulsiyalar uchun  $1/3$  ga yaqin; umuman  $K$  ning qiymati emulsiya tipiga, dispers faza va emulgator moddalarning xossalriga bog'liq.

Emulsiyalarning molekulyar–kinetik xossalari. Dispers sistemalarning boshqa ko'rinishlaridagi kabi yuqori disperslikka ega bo'lgan emulsiyalarning suyultirilgan eritmalarida ham Broun harakati kuzatiladi. Dispers faza va dispersion muhit moddalarining zichliklari orasida farq bo'lishiga qarab, emulsiyaning yirik tomchilari suyuqlik sirtiga qalqib chiqadi yoki idish tubiga cho'kadi. Emulsiya sferik tomchilarini cho'kishi tezligi  $\omega$  uchun V.Ribchinskiy va L.Gadamard quyidagi tenglamani taklif qilganlar:

$$\omega = \frac{2gr^2(d_1 - d_0)}{3\eta_0} \cdot \frac{\eta_1 + \eta_0}{3\eta_1 + 2\eta_0} \quad (4)$$

bu yerda  $r$ -tomchi radiusi,  $d_1$ -dispers fazaning zichligi,  $d_0$ -dispersion muhitning zichligi,  $\eta_1$ -dispers faza moddasining qovushqoqligi,  $\eta_0$ -dispersion muhit moddasining qovushqoqligi.

### 11.5. Koalessensiya

**Koalessensiya**—emulsiyalarning alohida toza holdagi komponentlar ajratib to'liq buzilishidir.

Emulsiyalarning buzilishi 2 bosqichli bo'ladi:

- Flokulyatsiya;
- Koalessensiya.

Birinchi bosqichda dispers fazaning tomchilari agregatlar hosil qiladi. Ikkinchi bosqichda agregatdagi tomchilar bitta katta tomchi bo'lib ta'sirlashadi.

Sanoat miqyosida emulsiyalar:

- Kimyoviy usullar;
- Termik usullar;
- Mexanik usullar;
- Elektrik usullar ta'sirida buziladi.

Elektr usulida tomchilar zaryadlangan bo'lganida va tomchilar neytral, ammo dipol momentiga ega bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

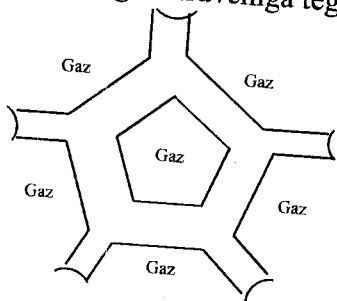
### 11.6. Ko'piklar

**Ko'piklar** — dispersion muhiti yupqa plyonka ko'rinishidagi suyuqlik, dispersion fazasi gaz pufakchalari bo'lgan yuqori konsentrlangan dag'al dispers sistemalaridir. Ko'piklarni shartli ravishda G/S ko'rinishida ifodalash mumkin..

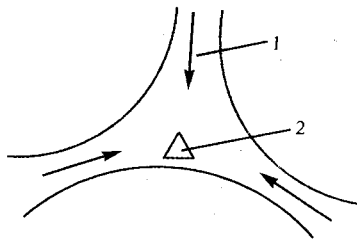
**“Dag'al dispers”**—termini gaz pufakchalarining o'lchami 10 sm gacha bo'lishini bildiradi.

**“Yuqori konsentrlangan”** degan termin sistemada gaz konsentratsiyalari hajmiy jihatdan 74% dan yuqori bo'lishini

anglatadi. Bu holda gaz pufakchalari shar shaklida emas, balki ko'p qirrali bo'ladi. Agar ko'piklar monodispers ya'ni, hamma gaz pufakchalari bir xil o'lchamga ega bo'lsa, har bir pufakcha to'g'ri pentagonal dodekaedr-o'n ikki qirrali bo'ladi. Ko'p qirrali gaz pufakchalari suyuq dispersion muhitni yupqa qavatlar bilan ajralib turadi. Uchta plyonkaning bir-biriga tegib turish zonasida uchala bir-biriga tegib turuvchiga tegishli Plato kanali hosil bo'ladi:



Ko'piklarning tuzilish sxemasi



Plato kanalining ko'ndalang kesimi

1- suyuqlik yupqa qatlami;  
2 - kanal

Agar ko'piklar polidispers (gaz pufakchalarining o'lchami har xil) bo'lsa, to'g'ri pentagonal dodekaedr buziladi. Bu esa barqarorlikning kamayishiga sabab bo'ladi.

Shuni qayd etish kerakki, dispers fazaning konsentratsiyasi 74% (hajmiy konsentratsiya) dan kam bo'lsa, gaz pufakchalari shar shakliga ega bo'ladi va suyuq qatlam qalinligini, gaz pufakchalarining o'lchamini o'lchab topish mumkin. Bunday sistemalar **gazli emulsiyalar** deyiladi. Gazli emulsiyalarga gazlangan suv, bokaldagi shampun misol bo'ladi. Gazli emulsiyalar ko'piklardan farq qilib tuzilishsiz sistemalar hisoblanadi. Ko'piklar mikrogeterogen sistemalardir.

Ko'piklar klassifikatsiyasi ko'piklar karraligi degan xarakteristikaga asoslangan:

$$\beta = \frac{V_{ko'pik}}{V_{suyuqlik}} = \frac{V_{gaz} + V_{suyuq}}{V_{suyuqlik}}$$

$V_{ko'pik}$ —ko'pikning hajmi;

$V_{\text{suyuqlik}}$ —ko‘pik olish uchun ishlatilgan suyuqlikning hajmi.  
 Shunday qilib, ko‘pikning karraligi bir hajm suyuqlikdan necha hajm ko‘pik olish mumkinligini ko‘rsatadi.  
 Agar  $\beta \leq 10$  bo‘lsa, *suyuq ko‘pik*;  
 $\beta = 10 \div 1000$  bo‘lsa, *quruq ko‘pik* deyiladi.

***Ko‘piklar istalgan dispers sistemalar kabi 2 xil yo‘l bilan olinishi mumkin:***

- Dag‘al dispers sistemalardan dispergatsion usullar bilan;
- Chin eritmalaridan kondensatsion usullar bilan.

***Ko‘piklarning asosiy xarakteristikalari:***

- Ko‘piklarning karraligi;
- Ko‘piklarning dispersligi;
- Ko‘piklarning vaqt davomida barqarorligi;

***Ko‘piklarning dispersligini baholash uchun***

• Pufakchalarning o‘rtacha radiusi-shar radiusining poliedrik ko‘pik pufakchalari hajmi bo‘yicha ekvivalentligi;

- Shartli diametri;

• “suyuqlik-gaz” qismining solishtirma sirti ishlatiladi.

Ko‘piklar boshqa dispers sistemalar kabi termodinamik beqaror sistemalaridir. Ularning hosil bo‘lishida erkin energiya ortishi kuzatiladi.

Haqiqiy ko‘piklar polidispers (gaz pufakchalarining o‘lchami har xil) bo‘ladi. Gaz pufakchalari qancha kichik bo‘lsa, ularning bosimi shuncha katta bo‘ladi. Demak, o‘z-o‘zidan gaz pufakchalari diffuziyalanadi. Gaz pufakchalarining o‘lchami qancha farq qilsa, gazlarning diffuziyasi shuncha kuchli namoyon bo‘ladi. Disperslilik darajasidan tashqari ko‘piklarning diffuzion buzilish tezligiga;

- Suyuq yupqa qatlamda gazlarning eruvchanligi;
- Suyuq yupqa qatlamda gazlarning diffuziya tezligi;
- Suyuq yupqa qatlamning qalinligi;

• Ko‘pik hosil qiluvchining sirt tarangligi ham ta’sir qiladi.

Tajribalar natijalarining ko‘rsatishicha, ko‘piklarda gazlar diffuziyasi nisbatan sekin kechadi, bu esa ko‘piklarning nisbatan agregativ barqarorligini tasdiqlaydi.



Ko'piklar barqarorligiga ta'sir etuvchi omillarni 3 guruhga bo'lish mumkin.

1. Ko'piklar hosil qiluvchilarning borligi bilan bog'liq bo'lgan omil.

Ko'pik hosil qiluvchi sifatida:

- Sirt faol kolloidlar;
- YuMB lar ishlatiladi.

Odatda, ko'pik hosil qiluvchi sifatida gomologik qatorning o'rta vakillari ishlatiladi. Chunki, anion sirt faol moddalar kation va noionogen sirt faol moddalardan yaxshiroq. YuMB lar orasida ko'pik hosil qiluvchilardan yaxshiroq'i polielektrolitlar masalan, oqsillardir.

2. Dispersion muhit xossalari bilan bog'liq omillar.

Ko'piklarda dispersion muhitni quyidagi parametrlar xarakterlaydi:

• Qovushqoqlik–qovushqoqlik qancha katta bo'lsa, ko'pik shuncha barqaror bo'ladi;

• pH qiymati;

• Suyuqlikda past molekulyar elektrolitlarning bo'lishi.

Oxirgi ikki parametr ko'pik hosil qiluvchining holatini va xossasini belgilaydi. Yog' kislotalar va ularning ishqorli tuzlari kislotali muhitda amalda ko'pik hosil qilmaydi. Maksimal ko'pik hosil bo'lishi odatda  $8 \leq \text{pH} \leq 9$  bo'lganda kuzatiladi. Natriy oleat ko'pik hosil qilishga  $\text{pH}=9$  bo'lganda, hattoki  $\text{pH}=12$  bo'lganda kirishadi. Hidrofob zanjir uzunligi ortishi bilan to'yingan yog' kislotalarining natriyli tuzlarining ko'pik hosil qilishi ishqoriy muhit tomonga siljiydi.

Noionogen SAMlarning ko'pik hosil qilish xususiyati 3÷9 oralig'ida pH qiymatga bog'liq emas. Oqsilli eritmalarining maksimal ko'pik hosil qilish xususiyati izoelektrik nuqtada kuzatiladi.

3. Tashqi ta'sirlarga bog'liq omillar;

• Harorat;

• Ko'pikdan suyuqlikning bug'lanishi;

• Mexanik ta'sirlar-silkinish, shamol va boshqalar.

Haroratning ortishi ko'pikning barqarorligiga salbiy ta'sir etadi. Chunki,

- Ko'pik hosil qiluvchining desorbsiyasi ortadi;
- Yupqa qavatdan suyuqlikning bug'lanishi kuchayadi;
- Yupqa qavatda suyuqlikning qovushqoqligi kamayadi.

Biroq, YuMB lar bilan stabillangan ko'piklarda termik ishlov natijasida suyuq dispersion muhit qattiq holatga o'tib qattiq ko'pik hosil qiladi. Bunday ko'piklar absolyut barqaror bo'ladi. Mexanik ta'sirlar ham ko'piklarning barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Ko'piklarning nisbatan barqarorligi quyidagi uch omil bilan tushuntiriladi:

- Kinetik;
- Struktur-mexanik;
- Termodinamik.

### ***Ko'piklarning ishlatilishi***

1. Ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlari ko'piklardir: kremlar, tortlar, konfetlar, muzqaymoqlar, kokteyl va boshqalar;
2. Ko'pgina dori-darmonlar ham ko'piklar holida bo'ladi;
3. Kimyo sanoatida gaz-suyuqlik sistemalarida jarayonlarni o'tkazishda ko'pikli qurilmalar ishlatiladi: adsorbsiyada, desorbsiyada, kondensatlashda, quritishda, gazlarni tozalashda va h.z.

## **11.7. Aerozollar**

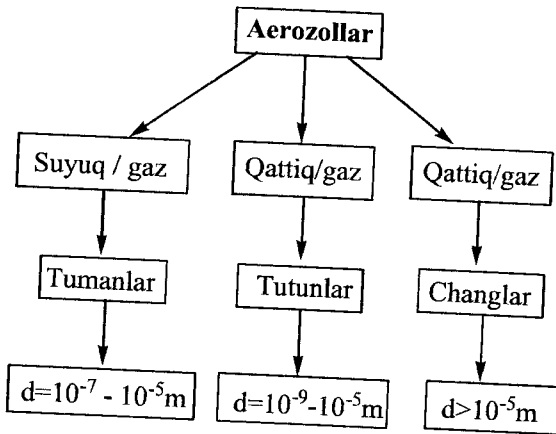
Gaz muhitda suyuqlik tomchilarining yoki qattiq modda zarrachalarining tarqalishidan hosil bo'lgan mikrogeterogen sistemalar **aerozollar** deyiladi.

Aerozollar shartli ravishda quyidagicha belgilanadi: Q/G yoki S/G.

Kosmik fazo, atmosfera, havo umuman biz nafas oladigan moddalarning hammasi aerozollarga misol bo'ladi.

Aerozollar o'z-o'zidan yoki ishlab chiqarish sanoatlarida hosil bo'lib turadi. Tabiatda shamol ta'sirida changlar havoga ko'tariladi va aerozollar hosil bo'ladi. Aerozollarning 10% ga yaqini sun'iy usulda hosil qilinadi.

## *Aerozollarning klassifikatsiyasi*



1. Dispers fazaning agregat holatiga ko'ra;

- Tuman (S/G);
- Tutun, chang (Q/G);
- Bulut (S+Q/G)=tutun+tuman

2. Disperslik darajasiga ko'ra:

- Tuman (S/G),  $10^{-5} \leq d \leq 10^{-5}$  sm;
- Tutun (Q/G),  $10^7 \leq d \leq 10^{-3}$  sm ;
- Chang (Q/G),  $d \leq 10^{-3}$  sm

3. Olinish usuliga ko'ra:

- Kondensatsion;
- Dispergatsion

### **Aerozollarning olinish usullari**

Boshqa mikrogeterogen sistemalar kabi aerozollar ham:

- Dispergatsion (dag'al dispers sistemalardan);
- Kondensatsion (chin eritmalardan) usullarda olinadi.

Kondensatsion usullar gomogen sistemalarda yangi fazalar hosil bo'lishi bilan bog'liq.

Kondensatsion usullarga:

- Gazlarning adiabatik kengayishi;

• Turli haroratli gaz va bug'larning aralashuvi (atmosfera tumanlari hosil bo'ladi);

• Bug' saqlovchi gazlar aralashmasining sovutilishi kiradi.

Bundan tashqari kondensatsion aerozollar gazli reaksiyalar natijasida ham hosil bo'ladi:

• Yonilg'i yonganida tutunli gazlar hosil bo'ladi.

• Fosfor yonganida havoda oq tutun ( $P_2O_5$ ) hosil bo'ladi;

• Gaz holdagi  $NH_3$  va  $HCl$  reaksiyaga kirishganida  $NH_4Cl$  (qattiq) tutuni hosil bo'ladi;

• Metallar havoda oksidlanganida (metallurgik va kimyoviy jarayonlarda) metall oksidlaridan iborat tutun hosil bo'ladi.

### ***Aerazolarning umumiy xarakteristikasi***

Aerazolarning xossalari:

• Dispers faza va dispersion muhit moddalarining tabiati bilan;

• Aerazolarning qisman va massaviy konsentratsiyalari bilan;

• Zarrachalarning o'lchamlari bilan ;

• Birlamchi zarrachalarning shakli bilan;

• Aerazolning tuzilishi bilan;

• Zarrachalarning zaryadi bilan aniqlanadi.

***Massaviy konsentratsiya***—hajm biriligidagi barcha muallaq zarrachalarning massasi.

***Sonli konsentratsiya***—aerazolning hajm biriligidagi zarrachalar soni.

Aerazol zarrachalarining shakli dispersion fazaning agregat holatiga qarab, shar shaklida (aerazolarda suyuqlik tomchilari) va turli xil qattiq zarrachalar shaklida bo'ladi.

### ***Aerazolarning optik xossalari***

Aerazolarning optik xossalari liozollarning optik xossasi bo'ysungan qonuniyatlarga bo'ysunadi. Ammo aerozolda bu qonuniyatlar aniq kuzatiladi.

Yorug'lik nurining aerozollar bilan ta'sirlashuvi zarrachalarning o'lchami d va yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liq bo'ladi. Aerozollar uchun yorug'likning sochilishi va yutilishi xos.

## Aerozollarning molekulyar-kinetik xossalari

Aerozollarning molekulyar-kinetik xossalarining o'ziga xosligi quyidagilar bilan tushuntiriladi:

- Dispers faza zarrachalarining kichik konsentratsiyali ekanligi  $-1\text{sm}^3$  oltin gidrozoli  $10^{16}$  ta zarracha bo'ladi;
- Dispersion muhit qovushqoqligi kichik bo'ladi;
- Dispersion muhitning zichligi kichik bo'ladi, demak  $\rho_{\text{zarracha}} \gg \rho_{\text{gaz}}$

Aerozollarda zarrachalarning harakati liozollardagilarga nisbatan intensiv bo'ladi.

Eng oddiy holni ko'rib chiqamiz. Aytaylik aerozol yopiq idishda joylashgan bo'lib, shar shaklidagi zarrachalarning radiusi  $r$  va zichligi  $\rho$  bo'lsin. Bunday zarrachaga bir vaqtning o'zida og'irlik kuchi va ishqalanish kuchlari ta'sir ko'rsatadi. Bundan tashqari zarracha Brown harakatiga, demak, diffuziyaga ega bo'ladi.

Aerozollarda diffuziya va sedimentatsiyani miqdoriy baholash uchun solishtirma diffuziya oqimi ( $i_{\text{dif}}$ ) va solishtirma sedimentatsiya oqimi ( $i_{\text{sed}}$ ) tushunchalari ishlatiladi:

$$i_{\text{dif}} = -\frac{kT}{B} \cdot \frac{dV}{dx}; \quad i_{\text{sed}} = \frac{4\pi r^3 (\rho - \rho_0) g V}{3kT \frac{dV}{dx}}$$

$r > 1$  mkm bo'lsa  $i_{\text{sed}} \gg i_{\text{dif}}$  bo'ladi va zarracha idish tagiga cho'kadi.

$r < 0,01$  mkm bo'lsa  $i_{\text{sed}} \ll i_{\text{dif}}$  bo'ladi. Zarracha cho'kmaydi.

Agar zarrachalar bir-biri bilan to'qnashsa, ular o'zaro yopishadi, bu esa ularning kattalashishiga va konsentratsiyalarining kamayishiga olib keladi.

## Aerozollarning elektrik xossalari

Aerozollarda zarrachalarning xossalari liozollardagi zarrachalarning elektrik xossalaridan katta farq qiladi:

1. Aerozollarda qo'sh elektr qavat hosil bo'lmaydi, chunki gazli muhitning dielektrik o'tkazuvchanligi kichik qiymatga ega. Shuning uchun zarrachalar amalda dissosilanmaydi.

2. Zarrachalarda zaryad asosan ionlarning notanlab adsorbilanishi natijasida paydo bo'ladi.

3. Vaqt o'tishi bilan zarrachalarning zaryadi kattaligi va ishorasi bo'yicha o'zgaradi.

Odatda metall va metall oksidlari aerozollarining zarrachalari (Zn, ZnO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) manfiy; metallmas va ular oksidlari aerozollarining zarrachalari (SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) musbat zaryadlangan bo'ladi. NaCl va kraxmal zarrachalari musbat; un zarrachalari manfiy zaryadga ega bo'ladi.

### **Agregativ barqarorlik. Koagulyatsiya**

Aerozollar agregativ beqaror sistemalardir. Ularda koagulyatsiya tez sodir bo'ladi. Koagulyatsiya tezligi aerozolning sonli konsentratsiyasi ortishi bilan koagulyatsiya tezligi ortadi. Aerozolning boshlang'ich konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan holda bir necha minutdan so'ng 1 sm<sup>3</sup> hajmda 10<sup>8</sup>-10<sup>6</sup> ta zarracha joylashadi (liozollarda=10<sup>5</sup> ta zarracha bo'ladi).

Aerozolning sonli konsentratsiyasi ortishi bilan koagulyatsiya tezligi orasidagi bog'lanish:

1 sm <sup>3</sup> da dastlabki sonli konsentratsiya	Aerozolning konsentratsiyasi 2 marta kamayishi uchun zarur bo'lgan vaqt
10 <sup>12</sup>	Sekundning qismlari
10 <sup>10</sup>	15-30 sekund
10 <sup>6</sup>	30 min
10 <sup>6</sup>	Bir necha sutka

Shuningdek, koagulyatsiya tezligiga:

- Zarrachaning shakli va o'lchami;
- Polidisperliligi;
- Qarama-qarshi zaryadlangan ionlarning borligi;
- Koveksion oqim, mexanik aralashtirish, ultratovushli tebranishlar yordam beradi.

### ***Aerozollarning ishlatilishi***

Aerozollarning keng ishlatilishi ularning yuqori effektivligi bilan tushuntiriladi. Ma'lumki, moddaning sirt yuzasi kattalashgan sari ularning faolligi ortishi kuzatiladi. Kam miqdordagi modda aerosol holida sepilganida katta hajmni egallaydi va yuqori reaksiyon xususiyatga ega bo'ladi.

Aerozollarning:

- Aerozollar texnikaning turli sohalarida, shu jumladan harbiy va kosmik sohada;
- Qishloq xo'jaligida;
- Sog'liqni saqlash sohasida;
- Metereologiyada;
- Maishiy xizmat sohasida va boshqalarda keng ishlatiladi.

### **11.8. Kukunlar**

Dispersion fazasi qattiq dispersion muhiti esa havo yoki boshqa gaz bo'lgan yuqori konsentrlangan dispers sistemalar ***kukunlar*** deyiladi. Shartli belgilanishi: Q/G.

Kukunlarda dispersion faza zarrachalari bir-biri bilan kontaktida bo'ladi. Keng tarqalgan kukunlar zarrachalari o'lchami 1 dan 100 mkm gacha bo'lganlaridir. Bunday kukunlarda fazalararo sirt yuzasi bir necha  $m^2/g$  (ko'mir) dan  $m^2/g$  ning ulushlarigacha (mayda qum) bo'ladi.

Qattiq dispers fazali aerozollardan kukunlar qattiq fazasining konsentratsiyasi yuqoriligi bilan farq qiladi. Qattiq dispers fazali aerozollar sedimentatsiyalanganida kukunlar hosil bo'ladi. Suspensiyalar quritilganda ham kukunlar hosil bo'ladi. Boshqa tomondan aerosolni ham, suspensiyani ham kukunlardan olish mumkin.

#### **Kukunlarning klassifikatsiyasi**

1. Zarrachaning shakliga ko'ra:

- Teng o'qli (har uchala o'q bo'yicha bir xil o'lchamga ega);
- Tolasimon (zarrachaning uzunligidan uning eni va qalinligi bir necha marta katta bo'ladi);

• Tekis (qalinligi zarrachaning uzunligidan va enidan katta bo'ladi).

2. Zarrachalararo ta'sirlashuvga ko'ra:

• Bog'langan dispersli;

• Erkin dispersli

3. Dispers faza zarrachasining o'lchamiga ko'ra:

• Qum ( $2 \cdot 10^{-5} \leq d \leq 2 \cdot 10^{-3}$ )m;

• Chang ( $2 \cdot 10^{-6} \leq d \leq 2 \cdot 10^{-5}$ )m;

• Pudra ( $d < 2 \cdot 10^{-6}$ )m.

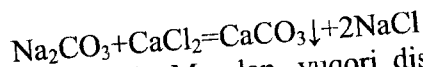
Kukunlar boshqa mikroheterogen sistemalar kabi dispergatsion va kondensatsion usullar bilan olinadi.

Kondensatsion usullar ikki xil bo'ladi:

1. Liofob zollarning koagulyatsiyasi natijasida zarrachalarni cho'ktirish. Eritmani bug'latish yoki erituvchini almashtirish (eruvchanlikni kamaytirib) yo'li bilan suspenziyalar hosil qilinadi, so'ngra uni filtrlab va quritib kukunlar olinadi.

2. Kimyoviy reaksiyalarga asoslangan kondensatsion usullar:

a) Almashinish reaksiyasiga asoslangan elektrolitlar orasidagi reaksiyalar:



b) Metallarni oksidlash. Masalan, yuqori dispersli rux oksidi ruxni havoda  $300^\circ\text{C}$  da qizdirib olinadi.

d) Uglevodorodlarni oksidlash

e) Metall oksidlarini qaytarish;

f) Karbonil ( $\text{Me}(\text{CO})_n$ ) larning termik dissotsiyalash;

j) Tuzlarning suvli eritmalarini elektroliz qilish.

### **Kukunlarning umumiy xarakteristikasi**

Odatda kukunlar dispers faza moddasining tabiati va zarrachalar o'lchami nuqtai-nazardan ko'rib chiqiladi.

Kukunlar ishlatilish texnologiyalari va ularni qayta ishlashga ta'sir etuvchi xossalarni ko'rib chiqamiz.

**Koageziya** – bitta faza ichidagi molekula (atom, ionlar) lar o'rtasidagi bog'lanishni, ya'ni kondensirlangan jismning mustahkamligi va ularning tashqi ta'sirlarga nisbatan qarshi ta'sirini belgilaydi. Demak, dispergirlashda qancha ko'p energiya sarflansa,



koageziya shuncha katta bo'ladi. Koagezion kuchlar qancha katta bo'lsa zarrachalar orasidagi bog'lanish ham shuncha kuchli bo'ladi.

**Adgeziya** – kondensirlangan fazalar sirtida kontaktida bo'lgan zarrachalarning birikish hodisasi. Masalan, kukun zarrachalari o'zi joylashgan sig'im devorlari bilan ta'sirlashadi. Adgeziya zarrachalarning sirtida yopishishi va ushlab turilishi bilan tushuntiriladi.

### **Kukunlarning xossalari**

Kukunlarning xarakterli xossalari oqish va sochilish xususiyati, fluidizatsiya (suyuqqa o'xshash holatga o'tish) va granulanish hisoblanadi.

Kukunlar uchun bir nechta empirik qonuniyatlar mavjud bo'lib, ular quyidagilar:

- Hidrofob kukunlar gidrofil kukunlarga nisbatan yaxshi sochiladi;

- Qattiq moddalardan tarkib topgan kukunlar yumshoq moddalardan tashkil topganlariga nisbatan oson maydalanadi (sochiladi);

- Monodispers kukunlar polidispers kukunlarga nisbatan yaxshi maydalanadi.

Kukunlar agregatsion va sedimentatsion beqarordir.

### **Kukunlarning ishlatilishi**

1. Oziq-ovqat sanoatida (un, kraxmal, shakar, kofe, kakao, quruq sut va boshqalar kukun holida bo'ladi) ishlatiladi. Ba'zi oziq-ovqat mahsulotlari granula va tabletka ko'rinishida chiqariladi, masalan, choy va kofe.

2. Kimyo sanoatida ishlatiladi.

## **11.9. Mikroeterogen sistemalarning umumiy xossalari**

Dispersion muhit va dispersion fazalarining tabiati bilan farq qiluvchi mikroeterogen dispers sistemalar: suspenziya (Q/S), emulsiya (S/S), ko'piklar (G/S), aerozollar (S/G, Q/G) va kukunlar quyidagi umumiy tomonlari bor:

Hammasida ham dispers faza zarrachalarining o'lchami 1 mkm va undan yuqori: Yuqoridagi sistemalarning hammasi ham 2 xil usulda: dispergatsion va kondensatsion usulda olinadi.

Ko'rsatilgan sistemalarning hammasida ham fazalararo sirt yuza 1 m<sup>2</sup>/g gacha bo'ladi. Bu esa ularning termodinamik beqarorligini ko'rsatadi. Ammo agregativ va sedimentatsion barqarorliklari har xil;

Yuqorida qayd etilgan dispers sistemalarning uzoq vaqt mavjud bo'la olishi (xossalarini o'zgartirmasdan saqlagan holda) ni ularga stabilizatorlar qo'shish bilan ta'minlash mumkin.

Stabilizatorlar: past molekulyar elektrolitlar, SAM, polimerlar.

## XII. NANOKIMYODA KOLLOID KIMYO MANBALARI VA USULLARI

Nanosistemalar kolloid kimyoda qabul qilingan klassifikatsiyaga ko'ra o'lchami 1-100 nm oraliqda yotuvchi ultradispers kolloid sistemaga kiradi. O'lchamning bu sohasi disperslikning chegaraviy darajasiga mos kelib, unda kolloid sistema o'zining eng asosiy xossasi bo'lgan geterogenlikni saqlab qoladi. P. A. Rebinderning baholashiga ko'ra fazoviy dispers zarrachaning chegaraviy o'lchami taxminan 1 nm (3-5 molekular diametr) ni tashkil etadi.

Kolloid kimyo bilan nanokimyo o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun kolloid kimyoning rivojlanish bosqichlarini eslash maqsadga muvofiq. M. Faradeyning (1857) pioner ishlaridan keyin, ya'ni qizil oltinning zarrachalar o'lchami 5-100 nm darajada bo'lgan yuqori dispersli barqaror eritmasi birinchi marta olingandan keyin XIX asrning ikkinchi yarmi va XX asrning boshlarida ushbu ishga ko'plab kimyogar va fiziklar o'z etiborlarini qaratdi. Kolloid eritmalar turli xossalarni tajribaviy va nazariy tekshirilishi kolloid kimyoning asosiy xossalarni ochilishiga olib keldi: kolloid zarrachalarning broun harakati va diffuziyasi (A. Eynshteyn), kolloid eritmalarining geterogen tabiati (R. Zigmondi), og'irlik kuchi maydonida dispersiyaning sedimentatsion – diffuzion muvozanati (J. Perren) va sentrefugasi (T. Svedberg), yorug'likning sochilishi (J. Reley), elektrolit yordamida zollar koagulyatsiyasi (S. G. Shulus va V. Gardu). Turli moddalar kolloid eritmaları xossalarning o'rganilishi fundamental tamoyil - kolloid holatning universalligini o'rnatilishiga olib keldi.

Ushbu davrdagi kolloid kimyo sohasidagi yetakchi olimlar yuqori dispersli sistemalarni tizimli o'rganishning prinsipial ahamiyatini juda yaxshi tushunishgan, lekin usha davrdagi tajriba usullari, ayniqsa, ultradispers zarrachalar tuzilishini aniqlashda yuqori darajadagi ajratish qobiliyatini namoyon qila olmagan edi. Ushbu imkoniy holatlar tadqiqotlar cho'qqisini nisbatan yirik zarrachali dispers (ko'piklar, emulsiyalar, suspensiyalar, aerezollar)

va strukturlashgan (gellar, koagulyatsiyalashgan va kristallashgan strukturalar) sistemalar tomonga siljishiga olib keldi.

XX asrning ikkinchi yarmida moddalar tuzilishini o'rganishning yuqori ajratish qobiliyatiga ega bo'lgan usullarning paydo bo'lishi (YAMR, elektron va atom kuchli mikroskopiya,  $10^{-3}$  mj/m<sup>2</sup> gacha bo'lgan juda kichik sirt o'lcham uchun maxsus texnika, foton-korrelyatsion spektroskopiya, kompyuter modellash va boshqa shu kabilar) ultradispers kolloid sistemalarning tuzilishi va xossalari tizimli tadqiq etishga olib keldi. Keyingi 40-50 yil ichida bu sohada juda ko'plar ishlar qilindi, ultradispers sistemalarning tubdan farq qiladigan yangi sinflari olindi va ularning xossalari o'rganildi. Bundan ultradispers sistemalarga yaqqol misol sifatida termodinamik barqaror bo'lgan mikroemulsiyalarni ko'rsatish mumkin. Ulardagi dispers faza diametri bir necha nanometr bo'lgan tomchilardan iborat.

Kolloid kimyodagi ultradispers sistemalarni o'rganishdagi yig'ilgan ulkan tajribalar nanokimyoning tadqiqotchilik va amaliy vazifalarini yechishda muvoffaqiyatli qo'llanilishi mumkin. Chunki mohiyat jihatidan ushbu sistemalar nanosistemalardir. Lekin shuni alohida qayd etish kerakki, kolloid kimyoning ekstrapolyatsiya qonunlarini dispers zarrachalar va nozik qavatlarning tuzilishi haqidagi tasavvurlarni nanoo'lchamli sohada qo'llanilishida juda katta ehtiyotlikni talab etadi. Dispers zarracha o'lchamining (d) qiymati qancha chegaraviy imkoniy qiymatga yaqin bo'lsa (nanoo'lchamga), mashtab effekti, ya'ni turli xossalarning zarracha o'lchamiga bog'liqligi shuncha kuchli namoyon bo'ladi. Shunga qaramasdan kolloid kimyoning usullari va tamoyillari nanokimyoda ham muvoffaqiyatli ishlashi mumkin. Ushbu muomma juda keng qamrovli va juda katta nazariy va amaliy masalalar majmuasini o'z ichiga oladi.

Quyida ultradispers sistemalar klassifikatsiyasi, ularning olinish usullari hamda ushbu sistemalarda kechadigan jarayonlarni nazariy jihatdan ifodalanishi bayon etiladi.

## 12.1. Ultradispers sistemalar

Bu yerda kolloid sistemalarning qaysi sinflari (tiplari) nanosistemalar sifatida qaralishini muhokama qilish maqsadga muvofiq. Buning uchun zamonaviy kolloid kimyoda qabul qilingan klassifikatsiyadan foydalanamiz. Klassifikatsiyaning asosida dispers sistema zarrachalarining o'lchami ( $d$ ), ularning o'lchamliligi (bir-, ikki-, uch-), xususiy konsentratsiya  $m^{-3}$ , dispers faza va dispers muhit agregat holatlari kabi dispers sistemaning muhim belgilari olingan.

Nanosistemalar va ultradispers sistemalar geometrik parametrlari bo'yicha amaliy jihatdan bir-biriga ekvivalent, chunki ularning o'lchamlari 1-100 nm oralig'ida yotadi.

Geometrik belgisi (dispers zarracha o'lchami) bo'yicha kolloid nanosistemalarni uch guruhga ajratish mumkin:

1. Uch o'lchamli (hajmiy) nanozarrachalar, ularda har uchala o'lcham ( $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ) nanooraliqda bo'ladi. Shuni alohida qayd etish kerakki, hajmiy zarrachalar juda ham kichik egrilik radiusiga ega bo'ladi. Bunday tipga kolloid eritmalar (zollar), mikroemulsiyalar 1-chi tartibli fazoviy o'tishlarda hosil bo'ladigan kurtak zarrachalar (kristallar, tomchilar, gazli pufakchalar, sirt-faol moddalarning suvli va suvsiz muhitlardagi mitsellalari (tug'ri va teskari) kiradi.

2. Ikki o'lchamli (nozik plenka va qavatlar) nanozarrachalar, ularda faqat bir o'lcham (qalinlik) nanooraliqda bo'ladi, qolgan ikkitasi esa (uzunlik va kenglik) istalgancha qatta bo'lishi mumkin. Bunday sistemalar nozik suyuq plenkalari, fazalar o'rtasidagi sirtida mono va poliqavatli adsorbsiya (jumladan Lengmkor-Blodjett plenikasi), sirt-faol moddalarning ikki o'lchamli plastinkali mitsellalari, nozik suyuq ko'pikli (ikki yachika orasida - ko'pik), emulsiyali (tomchilar o'rtasida to'g'ri va teskari emulsiya va ho'llanadigan qattiq sirt yoki gaz yoki boshqa suyuqlik bilan ajratilgan) plenkalarga bo'linadi. Ko'pikli va emulsiyali plenkalari simmetrik, ho'llanadigan plenkalari esa simmetrikmas plenkalarga jumlasiga kiradi. Sirt-faol moddalar bilan barqarorlashtirilgan ko'pikli simmetrik plenkalarning qalinligi bir necha nanometr (nyuton qora plenkalari deb ataladi) bir necha nanometr gacha bo'lishi mumkin.

3. Bir o'lchamli nanozarrachalar, ularda kesim o'lchamlari nanooraliqda bo'ladi, uzunligi esa istalgancha katta bo'lishi mumkin. Bir o'lchamli ultradispers zarrachalarga nozik tolalar, juda nozik kapillyarlar va g'avaklar, sirt-faol moddalarning silindirsimon mitsellalari va ularga ko'p jihatlaridan o'xshash bo'lgan nanotrubbkalar kiradi. Ushbu gruppaga uch fazani, ya'ni qattiq jism, suyuq va gazni ajratuvchi xo'llanish chizig'i (yoki uch fazali kontak chizig'i) ham kiradi.

Dispers sistemalarning ularning o'lchamliligi bo'yicha klassifikatsiyasi nafaqat formal no'qta nazardan ahamiyatli. Erenfest tamoyiliga ko'ra zarracha geometriyasi (o'lchamlik, fazo) fizikaviy parametrlarni bog'lovchi bog'likliklar harakteriga ahamiyatli ta'sir ko'rsatadi. Jumladan, darajali ko'rsatkichi Nyutonning tortishishi qonuninidagi masofada va Kulon o'zaroelektrostatik ta'sirida uch o'lchamli holat uchun -2 ga, ikki o'lchamli holat uchun esa -1 ga teng.

Erenfest tamoyilining bajarilishini tasdiqlovchi boshqa misol qattiq jismlarning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imining  $S_v$  temperaturaga (T) yetarli darajada quyi temperaturada bog'liqligidir. Tarosov tajriba yo'li bilan qatlamli strukturalar uchun (masalan, grafit va galliy uchun), izatron materiallar uchun Debayning kub qonuni o'rniga kvadrat qonuni bajariladi ( $C_v \sim T^2$ ), zanjirli strukturalar (selen kristallari, NF,  $\text{BiO}_3$  va  $\text{MgSiO}_3$ ) uchun esa chiziqli bog'liqlik ( $C_v \sim T$ ) o'rinli. Lefshits tomonidan ishlab chiqarilgan nozik plenkalar va nozik sterjenlarning issiqlik sig'imi nazariyasidan quyi temperaturalarda ikki o'lchamli va bir o'lchamli obyektlarda  $C_v = f(T)$  bog'liqlik uchun o'lchamli kristallardagi ushbu bog'liqlikdan keskin farq qilishi kelib chiqadi.

Yana bir misol kapillyarlik nazariyasiga taaluqli. 1743-yilda Klero tomonidan ilgari surilgan molekulyar kuchlarning mavjudligi haqidagi gipotizaga ko'ra uning masofaga bog'liqligi tortishish kuchlariga o'xshaydir ( $\sim r^{-2}$ ). Lekin bu gepotiza kapillyar naydan ho'llanadigan suyuqlikni ko'tarilishini ifodalovchi jarayonning emperik qonuniga qarama-qarshidir. Unga qarama-qarshi ularoq molekulyar kuchlarning ( $\sim r^{-1}$ ) yaqin ta'siri haqidagi Laplas (1804) gipotezasi ushbu hodisani ishonchli ifodalaydi. Shuni qayd etish

kerakki, Erenfest tamoyili Laplas gipotizasini fizik jihatdan tushuntiradi. Haqiqatan Kulon qonunida daraja ko'rsatgichining  $n=-2$  dan, Laplas gipotizasida  $n=-1$  gacha o'zgarishiga, Erenfest bo'yicha o'ch o'lchamli obyektidan ikki ikki o'lchamliga o'tishiga mos keladi.

Yuqorida keltirilgan qonunlar nanozarrachalarning qator fizik-kimyoviy xossalarini ular mos keladigan makrofazalar xossalariga nisbatan o'zgarishini aks ettiradi. Masalan, ko'pgina metallarning nanozarrachalari va yarim o'tkazgichlar (Ag, Au, Pb, Sn, In, Ga, CdS) uchun suyuqlanish temperaturasining keskin pasayishi ko'zatiladi. Bundan tashqari tolasimon kristallar va tolalarning mustahkamligi makroskopik jismlar mustahkamligidan bir necha marta katta bo'lishi mumkinligi ham aniq. Nanoo'lchamli zarrachalar yuqori kimyoviy faollikni namoyon qiladi, ya'ni ular ishtirokida kimyoviy reaksiyalarning tezligi oshadi. Nanozarrachalarning bu xossasi ulardan katalizatorlar yaratishda ishlatiladi. Yana shuni alohida qayd etish kerakki, nanozarrachalarda fazalar paydo bo'lishi mumkin. Bu holat makrosistemalarda aniqlanmaydi.

Shunday qilib Erenfest tamoyili fundamental ahamiyatga ega. Lekin kolloid kimyoda shu bilan bir qatorda sirt hodisalari nazariyasida tamoyil uning, ayniqsa, nanosistemalarni ifodalash uchun potensial imkoniyatlari juda katta bo'lishiga qaramasdan qo'llanishini topgan emas.

Yuqorida qayd etilganidek, kolloid sistemalar bir necha fazalardan, juda bo'lmaganda ikki fazadan tashkil topgan. Shuning uchun ham sistemaning xossasi ushbu fazalar o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarga bog'liq.

Dispers faza va dispers muhitning o'zarota'sir energiyasi bo'yicha dispers sistemalar katta ikki sinfga: liofil va liofobga bo'linadi.

Rebinderga ko'ra barqaror liofil sistemalar makrofazaning kolloid o'lchamdagi zarrachalarga o'z-o'zidan dispergirlanishidan hosil bo'ladi. O'z-o'zidan dispergirlanishning termodinamik sharti qo'yidagicha ifodalanadi:

$$\sigma d^2 \leq \beta kT,$$

(1)

bunda  $\sigma$  — dispers faza –dispers muhit chegarasidagi sirt taranglik;  
 $\beta$  — zarracha shakli va issiqlik harakatiga zarrachani jalb etish hisobiga disperslashda sistema entropiyasi o'zgarishini hisobga oluvchi koeffitsiyent ( $\beta = 15-30$ );  $k$  - Bolsmon doimiysi,  $T$  - temperatura.

(1) tenglamadan o'lchami 1-100 nm bo'lgan zarrachali kolloid sistemani hosil qilish uchun sirt tarangligini taxminan  $10^{-2}-10^{-3}$  mj/m<sup>2</sup> gacha keskin kamaytirish kerakligi kelib chiqadi. Bunday tipdagi nanokolloidlarga mikroemulsiyali sistemalar, kritik emulsiyali va mitsellyar sistemalar kiradi.

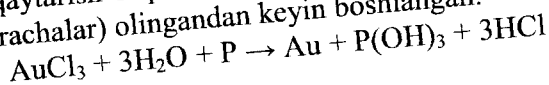
Shunday qilib ultradispers sistemalarning (nanosistemalarning) doirasi juda keng va ular ilmiy nuqtai nazaridan katta qiziqish o'yg'otadi.

## 12.2. Ultradispers sistemalarning hosil bo'lishi

Kolloid kimyoda zarracha o'lchami uning shakli va tuzilishining nozik boshqarish imkonini beradigan ultradispers sistemalarning ko'plab olinish usullari ishlab chiqilgan. Nobel mukofatining lauriyati T. Svedberg ultradispers zarrachalar olinish usullarini dispersgirash (mexanik, termik, elektr yordamida maydalash yoki makroskopik fazani sochish) va kondensirlash (kimyoviy yoki fizik kondensatsiya) guruhlariga bo'lishni taklif etgan. Ulardan ultradispers sistemalarni olishning kimyoviy usullariga to'xtalamiz. Chunki aynan ushbu usullar yordamida birinchi marta yuqori disperslikdagi kolloid eritmalar olingan.

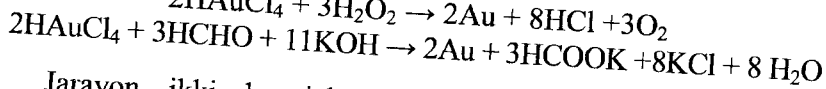
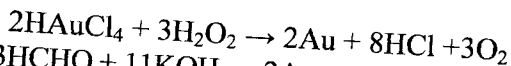
### 12.2.1. Zollarni olish

Yuqori disperslikdagi kolloid sistemalarni olish va tozalash usullarini tizimli ishlab chiqish ishlari XIX asrning o'rtalarid Faradey tomonidan suyuldirilgan oltin tuzm eritmasidan sariq fosfo yordamida qaytarish orqali oltinning agregativ barqaror zollari (50 nm li zarrachalar) olingandan keyin boshlangan:





Keyinchalik Zitmondi oltinni uning birikmalaridan vodorod peroksidi va formaldegid bilan qaytarish orqali berilgan disperslik darajasidagi oltinning ionodispersli zollarini olish usulini ishlab chiqdi:



Jarayon ikki bosqichda boradi. Dastlab yangi fazaning kurtaklari shakllanadi, keyin esa suvda kuchsiz to'yinish yaratiladi, unda yangi kurtaklarning paydo bo'lishi amalga oshmaydi, faqat ular o'sadi. Ushbu usulda oltinning sariq ( $d \sim 20$  nm), qizil ( $d \sim 40$  nm) va ko'k ( $d \sim 100$  nm) zollarini olish mumkin.

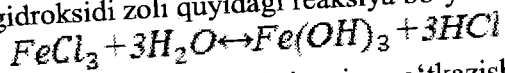
1903-yilda ultramikroskopning ixtiro qilinishi ultradispers sistemalar (3 nm gacha) o'lchamini o'lchash imkoniyatini berib, zollarni olishning yangi usullarini izlash va ularning xossalarini o'rganishga turtki bo'ldi. Ulardan eng muhim bo'lganlarini qayd etamiz.

Svedverg kuchli sovutish orqali organik erituvchilarda ishqorish metallarning yuqori dispersli zollarini sintez qildi. Veymarn istalgan moddaning kolloid holatda bo'lishining sharoitini birinchi bo'lib o'rnatdi. Har qanday kristall moddani hosil bo'lish reaksiyasi dispers muhitda amalga oshirilsa, uni kolloid dispers eritma ko'rinishida olish mumkinligini ko'rsatdi. Reaksiyaga kirishuvchi moddalarning yetarli darajadagi kichik konsentratsiyasida bu moddaning juda kam erishidan laboratoriya sharoitida turli moddalarning bir necha yuzlab zollarini oldi.

XX asr 80-yillarning boshlarida nanometrlar o'lchamidagi qattiq faza zarrachalarini shunga o'xshash makrosistemalar xossalaridan farq qiladigan o'ziga xos mexanik optik, elektrik, magnit xossalarga egaligi aniqlanadi. Ushbu o'ziga xos farqga ko'ra nanozarrachalar fan va texnikaning turli sohalarida keng qo'llanildi.

Bugungi kunga kelib nanozarrachalarni sintez qilishning ko'plab usullari ishlab chiqilgan va bu sohani yoritish uchun ko'plab ilmiy sharhlar yozilgan. Keyingi yillarda zollarni olishni kondensatlash reaksiyalariga asoslangan usullarini qisqacha qarab chiqish maqsadga muvofiq. Bunda misol taraqqasida metallarning

anorganik tuzlari va metallar alkoksidlarining gidrolizlanish reaksiyalarini keltiramiz. Berilgan moddalarning gidrolizlanishidan mos ravishda metallarning oksid va gidroksidli zollari hosil bo'ladi. Masalan, temir gidroksidi zoli quyidagi reaksiya bo'yicha olinadi:



Zolning bunday olinishida reaksiyaning o'tkazish sharoitiga e'tibor berish muhim, jumladan, eritmaning rN ni nazorat qilish va sistemada qator organik birikmalarning ishtirok etishini nazorat qilish kerak. FeCl<sub>3</sub> ning gidrolizidan olingan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning o'lchami trietanolamin, izopropilamin va piperazin konsentratsiyasiga bog'liq.

Ultradispers sistemalarda katta fazalar o'rtasidagi sirt chegarasining yuqori tarqalishi bilan bog'liq qoldiq energiyaning bo'lishi kolloid zarrachalarning agregatlanish jarayonlarini o'tishiga olib keladi. (V bo'linga qarang). Berilgan disperslikdagi zollarni olish uchun zarrachaning o'sishini vaqtida to'xtatish kerak. Ushbu maqsadda dispers faza zarrachasining sirti unda SAM dan himoya qatlami hosil bo'lishi yoki unda kompleks birikma hosil qilishi hisobiga ingibirlanadi.

Nanozarrachalarning shakli va o'lchamini nazorat qilish no'qtai nazardan mikroemulsion sistemalarda nanozarrachalarni sintez usullari favqulotda istiqbollidir. Ushbu usullar quyida atroflicha yoritiladi.

### 12.2.2. Mitsilyar sistemalarning hosil bo'lishi

Kolloid kimyoning ulkan obykti sirt faol moddalardir (SFM). SFM suvda chegarali eriydigan va fazalar chegarasi sirtida fazalararo tortishni kamaytirib, adsorbsiyalanish xususiyatiga ega bo'lgan organik (sintetik yoki tabiiy) moddalardir. Bu moddalar difil tuzilishiga ega, ya'ni CFMning molekulasi yoki ioni gidrofil qism va u yoki bu tabiatga ega bo'lgan qutbli gruppadan tashkil topgan. SFMning gidrofob qismi tarkibida 8 tadan 18 tagacha uglerod atomlari bo'lgan uglevodorod radikalidan ( $\text{S}_n\text{H}_{2n+1}$ ,  $\text{S}_n\text{H}_{2n-1}$ ,  $\text{S}_n\text{H}_{2n-1}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_4$  va boshqalar) tashkil topgan. Gidrofil guruhning tabiatiga ko'ra SFMlar kationli (ularga birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi

aminlar va to'rtlamchi ammoniyli asoslar taalluqli), anionli (ushbu birikmalar molekularining tarkibida karboksil, sulfoefir, sulfoguruhlar va boshqalar bo'ladi) va nonogenmasga (bunday SFMlar eritmalarda molekular ko'rinishida mavjud) bo'linadi.

Suvli eritmalarda SFMlarni o'zini tutishning xos tomonlari suv va SFM molekulari o'rtasidagi o'zaro ta'sirning o'ziga xosligiga bog'liq. Ko'plab o'tkazilgan tadqiqotlarga ko'ra suv xona temperaturasida muzning strukturasi o'xshash strukturaga ega bo'lgan suyuqlik, lekin muzdan farqli tomoni shuki, bu sharoitda suv yaqin tarkibli strukturaga ( $r < 0,8$  nm) ega. SFMning erishidan suv molekularining SFM kutbsiz uglevodorod radikalari atrofida keyingi strukturlanishi amalga oshadi. Bu esa sistema entropiyasining kamayishiga olib keladi. Sistema entropiyaning maksimal qiymatiga erishishga intiladi, u holda mitsella hosil bo'lishning kritik konsentratsiyasi (MKK) deb ataladigan konsentratsiyaga erishgandan keyin SFM molekulari yoki ionlari mitsella deb ataladigan (ularni ochgan olim Mak-Benning taklifiga ko'ra, 1913) assotsiatlarni o'z-o'zidan hosil qiladi. Mitsellalarning hosil bo'lishi strukturlangan suvning bir qismini ajralishi bilan amalga oshadi. Bu jarayon termadinamik jihatdan qulay bo'lib, sistema entropiyasining oshishiga olib keladi.

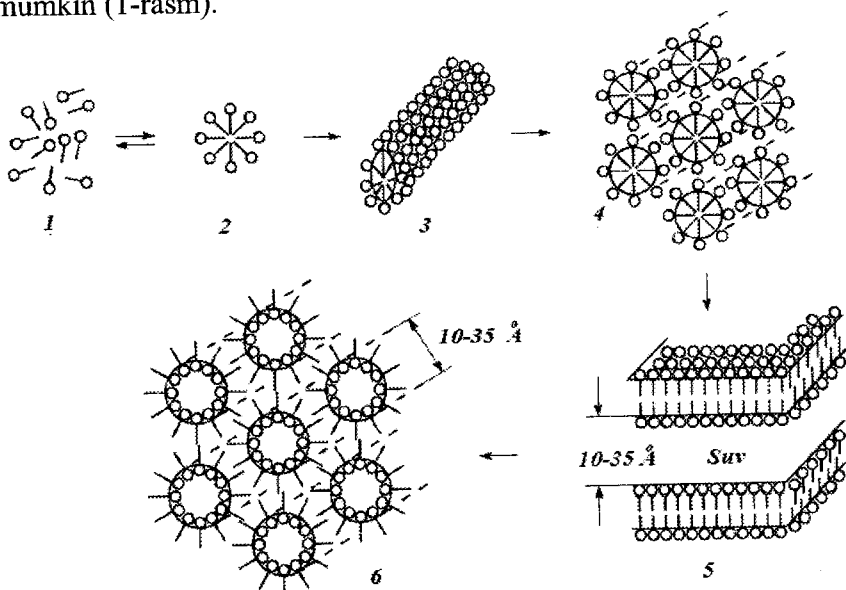
Mitsellaning hosil bo'lishi SFM eritmasi biror xossasini SFM konsentratsiyasining o'zgarishiga bog'liq holda o'zgarishi (masalan, sirt tarangligi, elektr o'tkazuvchanlik, zichlik qovushqoqlik, yorug'likni sochishi va h.z.) bo'yicha fiksirlanadi.

MKK kattaligi CFM tabiati, uglevodorod radikalining uzunligi va tarmoqlanganligi, elektrolit yoki boshqa organik birikmalarning ishtiroki, eritma rN kabi qator omillarga bog'liq. Lekin asosiy omil SFM gidrofil va gidrofob xossalarning nisbatidir. Chunki uglevodorod radikali qancha uchun va guruhning qutbli qancha kuchsiz bo'lsa MKK ning qiymati shuncha kichik bo'ladi.

MKK ga yaqin konsentratsiyalarda mitsellalar taxminan sharsimon hosilalar shaklida namoyon bo'ladi. Ularda qutbli guruhlari suv bilan ta'sirlashgan, gidrofob radikal qutbsiz yadro hosil qilib, uning ichida joylashgan bo'ladi. Mitsella tarkibiga kiruvchi molekular yoki ionlar eritma hajmi bilan muvozanatda

bo'ladi. Bu mitsella tashqi sirtini g'abir-budir bo'lishining bir shartidir. Qutbli guruhning gidratlanish darajasi, gidrat qavat strukturasi, hamda ichki yadroning tuzilishi SFMning tabiatiga bog'liq.

SFM konsentratsiyasi MKKdan katta bo'lganda shakli bilan farqlanadigan bir necha tipdagi (sferiksimon, silindrsimon, geksagonal joylashuvli, dimitsellali) mitsellalar hosil bo'lishi mumkin (1-rasm).



1-rasm. SFM eritmalarida bzaga keladigan strukturalar  
 1 – monomerlar, 2 – mitsella, 3 - silindrsimon mitsella, 4 – geksagonal joylashgan silindrsimon mitsellalar, 5 – lamellr mitsellalar, 6 – teskari mitselyar sistemada geksagonal joylashgan suv tomchilari.

Shunday qilib mitsellalarni bir o'lchamli, ikki o'lchamli hajmiy nanoobyektlar sifatida qarash mumkin. SFMning tabiatiga qarab agregatlar soni ( $r$ ) unlardan bir necha yuzlabgacha o'zgarishi mumkin, buning natijasida mitsella o'lchamlari o'zgarishi mumkin.

Suvda erimaydigan uzun uglevodorod radikalli va kuchsiz kutbsizlikdagi guruhli SFM molekulari qutbsiz suyuq fazada erishi mumkin. Bu holatda ham SFMning ma'lum konsentratsiyasida SFM qutbli guruhlarining o'ziga xos ta'sirlashuvidan mitsellalarning hosil

bo'lishi ko'zatiladi. Bunday mitselllarga qaytar mitsellar deyiladi. Qaytar mitsellalarning shakli SFM konsentratsiyasiga bog'liq va turlicha shakllarda bo'lishi mumkin.

Mitsella hosil bo'lish jarayonini ifodalashda ikkita yondoshuv mavjud. Birinchi yondoshuvga ko'ra (kvazi kimyoviy model) mitsellaning hosil bo'lishi massalar ta'siri qonuni nuqtai nazaridan qaraladi. Boshqa yondoshuv esa mitsellaning paydo bo'lishini yangi fazaning paydo bo'lishi bilan izohlaydi.

Mitsellyar sistemalarning eng muhim xossalari biri ularning solyubillizatsiyalanishi (solyubillizatsiya – SFM mitsellalarining ichiga quyi molekulyar birikmaning o'z-o'zidan kirishi) - mitsellalarning suvli eritmalarida uglevodorodlar yoki mos ravishda teskari mitsellyar sistemalarda qutbli suyuqliklar erishining keskin oshishi.

Solyubillizatsiyalanish natijasida mikroemulsiya deb ataladigan termodinamik barqaror muvozanatdagi izotrop sistemalar hosil bo'ladi. (Ushbu sistemalar atroflicha keyingi bo'limda qaraladi). Solyubillizatsiyalanishga ta'sir etuvchi omillarning xilma-xilligi (o'zaro ta'sirlashadigan fazalar va SFM tabiati, elektrolitning ishtiroki, temperatura) moddaning SFMlar mitsellalarida maksimal eruvchanligini juda keng oraliqqa o'zgartirishi mumkin. Shuni alohida qayd etish kerakki, solyubillizatsiyalanishda moddaning xossasi keskin o'zgaradi, natijada ushbu sistemalarda boruvchi reaksiyalarning tezliklari ham o'zgarish mumkin. Ushbu mitsellyar kataliz nomi bilan ma'lum bo'lgan hodisa kimyo, biologiya, meditsina va turli texnologik jarayonlarda keng qo'llaniladi. Masalan, modda reaksiya qobiliyatining oshishi emulsiyada polimerlanish va fermentativ katalizda keng qo'llaniladi.

### **12.2.3. Mikroemulsiyalarning hosil bo'lishi**

Mikroemulsiya – ikkita bir-biri bilan aralaymaydigan suyuqliklarning termodinamik barqaror izotrop dispersiyasi. Bunday suyuqliklarning aralashtirilishida SFM va so-SFM qavatlar (ulardan biri sifatida quyimolekulyar spirtlar ishlatiladi) o'rtasida barqarorlashgan tomchilardan biri boshqasida taqsimlanadi. Mikroemulsiya iborasi Shulmon tomonidan kiritilgan bo'lib, u birinchi bo'lib

mikroemulsiyaga SFM qo‘shib, shunga o‘xshash sistemani olgan. Mikroemulsiyalar liofil dispers sistemalarga kiradi va fazalararo tortishishni keskin kamaytirish natijasida ikkita bir-biri bilan aralashmaydigan suyuqliklarni o‘z-o‘zidan dispergirlash yo‘li bilan yoki yuqorida qayd etilganidek, solyubillanish jarayonida hosil bo‘lishi mumkin. Mikroemulsiyali sistemalarning termodinamik barqarorligi fazalararo tortishishning kichikligi bilan ta‘minlangan. Adabiyotlardagi natijalarga ko‘ra tortishish ko‘chining qiymati SFM ionlari uchun  $10^{-3}$  mg/m<sup>2</sup>, ionogenmas SFM ionlari uchun esa  $10^{-4}$  mg/m<sup>2</sup> ni tashkil etadi. Qaysi faza dispers, qaysi uzluksiz ekanligiga qarab mikroemulsiyalar to‘g‘ri – yog‘ suvda (yo/s) yoki teskari - yog‘da suv (s/yo) bo‘lishi mumkin. Har ikkala holatda ham disper faza o‘lchammi 100 nm dan qayta bo‘lmagan tomchilardan tashkil topgan.

Qoidaga ko‘ra mikroemulsiyalar turli strukturalardan (biqavat, silindirsimon, sferik mitsella) tashkil topgan ko‘pkomponentli sistemalaridir. Mitselalar hosil bo‘lish jarayonida suyuq izotrop mitsellyar fazalardan tashqari optik anizotrop mitsellali fazalar, masalan, tayoqchasimon cheksiz uzunlikdagi smektik va geksgonalli fazalar agregatlardan hosil bo‘ladi, ya‘ni mikroemulsiyalar ichki mikrostrukturani namoyon qiladi. Bugungi kunda ushbu obyektlar turli usullar bilan jadal o‘rganilmoqda. Suv va yog‘ning sistemadagi miqdorlari mos kelgan holatda bikontiniul sistemalar hosil bo‘lishi mumkin.

Mikroemulsiyalar xossalari ko‘pincha dispers fazaning o‘lchami va shakli, hamda SFM hosil qilgan fazalararo adsorbsion qavatlarining reologik xossalari bilan aniqlanadi. Mikroemulsiyalar katta harakatchanlik va fazalararo katta sirt chegarasiga ega bo‘lganligi uchun ular ko‘plab kimyoviy sintezlarni jumladan, qattiq holdagi nanozarrachalarni olish uchun universal muhit fazifasini o‘tashi mumkin.

#### **12.2.4. Qattiq zarrachalarning mikroemulsiyalarda hosil bo‘lishi**

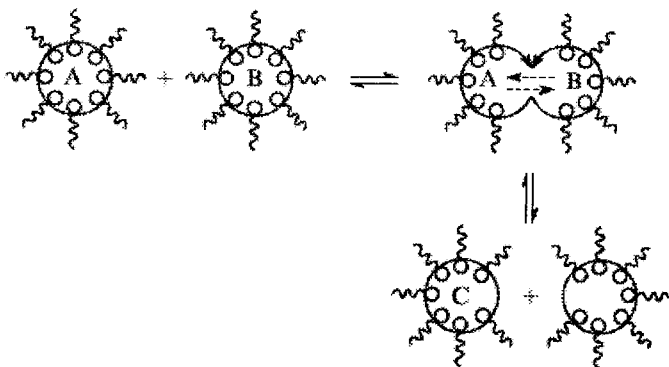
Mikroemulsiyali sistemalarda dispers fazazarrachalari doimiy to‘qnashadi, koalesirlanadi va parchalanadi. Bu esa ularning

sistema tashkil etuvchalari bilan uzluksiz almashinuviga olib keladi. Tomchilarning to'qnashish jarayoni moyli fazada (teskari) mikroemulsiyali sistemalar uchun) tomchi diffuziyasiga bog'liq. U holda almashinishi jarayoni SFM adsorbsion qavati bilan o'zarota'sirlashuv va fazalararo sirtning moslashuvchanligi bilan aniqlanadi (oxirgi holat berilgan sistemalarda kimyoviy reaksiyalarni o'tkazishda favqulotta muhimdir).

Teskari emulsiyali sistemalar ko'pincha qattiq nanozarrachalar olish uchun ishlatiladi. Ushbu maqsadda suvli faza A va V hamda kimyoviy reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan kiyin eriydigan S moddalar bo'lgan tarkibida suv/moy mikroemulsiyali sistemalardan ikkitasi bir xil aralastiriladi.

Tomchining koalesensiyasida ularning almashinuvi natijasida yangi S birikma hosil bo'ladi (2-rasm). Yangi fazaning o'lchami qutbli faza tomchisining o'lchami bilan chegaralanadi.

Metallarning nanozarrachalari mikroemulsiyaga tarkibida metall tuzi, qaytaruvchi (masalan vodorod yoki gidrazin) kiritish yoki emulsiya orqali gaz o'tkazish (masalan SO<sub>2</sub> yoki N<sub>2</sub>S) yordamida olinadi. Aynan shu usulda mos holdagi metall tuzini gidrazin bilan qaytarish orqali zarracha o'lchami 3-5 nm bo'lgan Pt, Pd, Rb va boshqalarning monodispersli metall zarrachalari birinchi marta olingan. O'xshash usul platina va palladiylarning bimetalli nanozarrachalarini sintez qilish uchun qo'llanilgan.

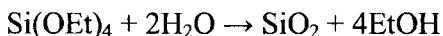


2-rasm. Teskari mikroemulsiyali sistemada boradigan reaksiya sxemasi

Bugungi kunda mikroemulsiyali sistemalarda cho'ktirish reaksiyasi metallar nanozarrachalari, yarimo'tkagichlar, bariy, kalsiy, stronsiy karbonatlari va sulfatlari, SiO<sub>2</sub> ning monodispers zarrachalarini olishda va yuqori temperaturali keramika sintezda keng qo'llanilmoqda.

Nanozarrachalar hosil bo'lish mexanizmi oxirigacha aniqlanmaganligiga qaramasdan reaksiyaning o'tishiga ta'sir etuvchi qator omillarni ajratish mumkin. Bulardan eng muhimlari sistemadagi suv fazasi va SFM nisbati ( $W=[H_2O]/[CFM]$ ), solyubillashgan suvli fazaning strukturasi va xossasi, mikroemulsiyaning dinamik holati, suvli fazada reaksiyaga kirishadigan moddalarning o'rtacha konsentratsiyasidir. Lekin barcha holatlarda ham reaksiya jarayonida hosil bo'lgan nanozarrachalarning o'lchami dastlabki mikroemulsiya tomchilarining o'lchami bilan nazorat qilinadi. Masalan, CdS nanozarrachalarining o'lchami W nisbatning oshishi bilan chiziqli oshadi. Shu bilan bir qatorda teskari mikroemulsiyali sistemada natriy di(2-etilgeksil)sulfosuksinat (Aerosol OT) yordamida barqarorlashtirish orqali olingan zarracha o'lchami ionogenmas Triton X-100 ning ( $n=10$ , bo'lgan polietilenglikolning  $n$ -(tret-oktil) fenilli murakkab efiri) SFM bilan barqarorlashtirilgan sistemadagiga qaraganda kichik.

Mikroemulsiyali sistemalar gidroliz reaksiyalarini o'tkazishda ham ishlatiladi. Aerosol OT bilan barqarorlashtirilgan teskari mikroemulsiyali sistemadagi tetraetoksisilanning gidrolizlanish reaksiyasi bunga misol bo'ladi:



Organik birikmalarni olish uchun mikroemulsiyali sistemalarni qo'llanilishi yangi dorivor shakllarni yaratishda ham ahamiyatligini alohida qayd etish kerak.

Ushbu sohadagi tadqiqotlarning ko'pchiligi sferik shakldagi nanozarrachalarning sinteziga taalluqli. Shu bilan bir qatorda asimmetrik zarrachalarni (iplar, disklar, ellipsoidlar) olish va ularning shaklini aniq nazorat etish katta nazariy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Teskari mikroemulsiyali sistemalarda o'tkazilgan sintez VaSO<sub>3</sub> nanotolasini hamda gayrioddiy magnit xossali turli



moddalarning asimmetrik nanozarrachalarini olish imkonini berdi. Tarkibi bir material zarrachalaridan tashkil topgan (zarracha o'lchami 50-100 nm) va boshqa materialning nozik qavati bilan qoplanishidan olinadigan nanokompozitlarning sintez juda katta qiziqish o'yg'otadi.

### 12.2.5. Mono va polimolekulyar qavatlarining olinishi

Sirt-faol moddalar (SFM) turli fazalarning (suv-havo, qattiq jism-suyuqlik, suyuqlik-suyuqlik) sirt chegaralarida monomolekulyar plenkalar (qavatlar) hosil qilish qobiliyatiga ega. Bunday plenkalarni ikki o'lchamli nanosistemalar sifatida qarash mumkin. Suv-havo chegara sirtida monoqavatlarini birinchi bo'lib Lengmyur tekshirgan va bunday plenkalarni tekshirishning eksperimental usulini ishlab chiqqan (Lengmyur torozisi). Ushbu ish uchun Lengmyur 1932-yilda Nobel mukofatiga sazovor bo'lgan. Suyuqlik sirtidagi monomolekulyar plenkalar turlicha agregat holatida (gaz suyuq va qattiq) bo'ladi. Bu holatlar SFM molekulari o'rtasidagi o'zaro ta'sir energiyasining turlichaligi bilan harakterlanadi. Berilgan sharoitlarda ( $rN$ , temperatura) suv-havo chegara sirtida yo'qori tartib darajasida o'z-o'zidan strukturalar hosil bo'ladi. Ularda SFM molekulari (yoki ionlari) shunday tartibli joylashadiki, qutbli guruh eritmada bo'ladi, uglevodorod radikali esa fazalararo sirtga unchalik katta bo'lmagan burchak ostida havoga oriyentirlanadi. Plenkada jarayonlarning o'z-o'zidan borishi SFM molekulasida difillikning bo'lishi bilan amalga oshadi va qutbli guruhning suvli yostiq bilan hamda uglevodorod radikallarining o'zarota'siri no'qtai nazaridan tahlil etilishi mumkin.

Monomolekulyar plenkalarda boradigan kimyoviy reaksiyalar katta qiziqish uyg'otadi. Sirt bosimini o'zgartirib, sirt qavatida molekular oriyentatsiyasini nazorat qilish mumkin va bu bilan reaksiyalarning borishiga o'ziga xos ta'sir etish mumkin. Legnmyur-Blodjett plenkali to'g'ridan-to'g'ri kimyoviy reaksiya yoki metallar tuzlarini fotokimyoviy qaytarish orqali turli tabiatdagi qattiq nanozarrachalarni olish uchun qo'llaniladi. Bunday jarayonlar biologik sistemalarda ham ma'lum o'ringa ega.

Qattiq jismlar sirtida cho'ktirilgan plenklar ham mono- ham poliqavatli bo'lishi mumkin. Masalan, agar vertikal joylashgan shisha plastinka suvning sirtida joylashgan bariy stearat monoqavati orqali suvdan chiqarib olinsa, u holda plastinka SFM qavati bilan qoplangan bo'lib, unda uglevodorod radikallari tashqariga qaragan. Natijada bunday plastinkaning sirti gidrofob bo'lib qoladi. Unga navbatdagi qavatni qoplash mumkin. Qavatlarning ketma-ket qoplanishidan gidrofilli yoki gidrofobli sirtlarni olish mumkin. Bir xil oriyentirlangan qavatdan tuzilgan plenkalarga X plenklar, qarama-qarshi oriyentirlanganlaridan tuzilganiga esa Y plenklar deyiladi. Shunday qilib qalinligi nanometr o'lchamlardagi oraliqlarda yotadi poliqavatli qoplamalar olish mumkin.

### **12.3. Ultradispers zarrachalarning tuzilishi va shakli**

Nanozarrachalarning hosil bo'lish mexanizmi va tuzilishiga doir savollar kolloid kimyoning eng muhim va asosiy masalalari jumlasiga kiradi. Haqiqatda ham ultradispersli zarrachalar bu kolloid kimyoning o'ziga elementar zarrachalaridir. Dispers zarrachalarning oddiy sifatni aniqlanishidan ularning miqdoriy parametrlarini va nisbatlarini aniqlashga o'tilishi turli kolloid sistemalar – zollar mitsellali eritmalar, mikroemulsiyalar, gellar va h.z. ultradispersli zarrachalar strukturasi har tomonlama aniqlashni talab etadi.

Qattiq ultradispersli zarrachalar tuzilishining ilgarisi tamoyili ularning strukturasi ayni modda makrofazalari tuzilishiga o'xshash degan taxminga asoslangan. Lekin yangi fazaning paydo bo'lishi va uning o'sish jarayonlarini keyingi tekshirishlari shuni ko'rsatdiki.

Kristallanish sharoitiga bog'liq o'ta tuyinish yoki o'tasovutish kattaligi, qo'shimchalar ishtiroki va boshqa qator sabablar bo'lgan holda eritmalaridan amorf va kristall ultradispersli zarrachalar hosil bo'lishi mumkin. Veymarn tomonidan eritmadan  $VaSO_4$  zarrachalarning kristallanishdan hosil bo'ladigan shaklning eritmaning to'yinish darajasiga bog'liqligi aniqlangan hamda yuqoridispersli zollar, paxtasimon strukturalar, yaxshi chegaralangan mikrokristallar va ninasimon shakldagi kristallar olingan. Muhim o'rinni nanozarrachalar sintezi o'tkaziladigan

temperatura o'ynaydi. Masalan, zol-gel usulida olingan titan dioksidi nanozarrachalari past temperaturada tayoqcha, yuqori temperaturada esa – bipiramidali kristallar ko'rinishiga ega. Nanozarrachalar shaklining turli-tumanligini tasdiqlovchi yana bir isbot suyuqlanmalar va eritmalardan kristallashda dendritlarning hosil bo'lishidir.

Turlicha shakllarning bo'lishi yangi fazalarning hosil bo'lish jarayonlarning chuqur muvozanatda bo'lmagan sharoitlarda borishidir. Bunda strukturaning hosil bo'lish darajasi kristallanishning o'tkazish sharoiti muvozanatdagi holatdan qanchaga farqlanishi bog'liq. Masalan, zich gazli fazadan olmosni sintezlashda mukammalroq struktura yanada muvozanatdama sharoitda hosil bo'ladi.

Kristallanish jarayoniga eritmada ishtirok etayotgan SFM kuchli ta'sir etishi mumkin. Tabiati va konsentratsiyasiga qarab, ular kristallarning hosil bo'lishi va yangi fazo payda bo'lishi tezligini, nanozarrachalarning o'lchami bo'yicha taqsimlanishi hamda shaklini o'zgartirishi mumkin. Ushbu hodisalarning barchasi SFM molekullari vki ionlarining hosil bo'ladigan kristallarning turli tomonlarida tanlab adsorbsiyasi bilan bog'langan natijada bir tomida boshqa tomonga nisbatan o'sishi kamayadi. Bundan tashqari SFM ning tabiati hosil bo'ladigan moddaning polimorfizmiga ta'sir ko'rsatadi. Masalan oktaetilenglikolning monogeksadesilli efiri eritmalarida kalsiy oksalatning kristallanishidan kalsiy oksalatning monogidratini natriy dodesilsulfat eritmalarida esa- digidratini hosil qiladi. Nanozarrachalar hosil bo'lishiga olib keluvchi kristallanish jarayonlarining eng muhim o'ziga xos tomoni ular shaklining odatiy geometriya usullarida ifodalay olinmasligidir. Bunday sistemalarni ifodalash uchun fraktal geometriya jalb etiladi. Chunki muvozanatdan kuchli chetlanishlarda va unga mos ravishda harakatlanuvchi kuchning yuqori qiymatlarida fazalar o'rtasidagi chegaraning beqarorligi qoidaga ko'ra fraktal strukturalarning shakllanishiga olib keladi.

Ilmiy adabiyotlarda yuqori to'yingan bug'dan ammoniy galogenidlari va seziv yodidni birgalikda kristallanishda dastlab yuqori dispersli birlamchi monokristallarning hosil bo'lishi

ko'rsatilgan. Dispers sistemada hosil bo'ladigan fazolararo sirtning rivojlanishiga katta erkin energiyani namoyon qiladi. Shuning uchun ham dastlabki monokristall zarrachaning taxminan teng o'lchamlarda o'sishi bilan kechadigan agregatlanish jarayoni amalga oshadi. Bunday agregatlanishdan psevdonokristallar hosil bo'ladi.

Metallarning kristallanishida ultradispers sistemalarning hosil bo'lish jarayonlari yanada murakkab va xilma-xildir. Ushbu jarayonlarning mohiyati jihatidan o'rganilishi yangi yo'nalish klasterlar kimyosini paydo bo'lishi uchun asos bo'ldi.

Klasterli zarrachalar monoyadroli birikmalar bilan dispers zarrachalar o'rtasidagi oraliq holatni egallaydi.  $d > 30$  nm li metall zarrachalarni gazfazani nukleotsiyalash kriogen sintez, hamda polimer matritsada va teskari mikroemulsiyali sistemalarda reaksiya o'tkazish usullarida olish mumkin.

Xulosa o'rnida shuni qayd etish mumkinki, bugunga qadar kolloid zarrachalarning hosil bo'lishi va o'sishining yetarli darajadagi to'liq miqdoriy nazariyasi yaratilgan emas.

#### **12.4. Nanokimyoda kolloid kimyoning nazariy tamoyillari**

Kolloid kimyo tasavvurlarini nanosistemalarni (ultradispers kolloidlar) ifodalash uchun foydalanish mumkin. Lekin bu yerda ko'plab metodologik muammolarni hal etish kelib chiqadi. Ushbu muammolar ultradispers zarrachalar molekulari (atomlar, ionlar) bilan makroskopik jismlar (fazalar) o'rtasidagi holatdan kelib chiqadi.

Kolloid sistemalarni nazariy ifodalash uchun ham kimyoviy, ham fizikaviy yondashuvlardan foydalaniladi. Bu kolloid kimyoning kimyo va fizika o'rtasida chegaraviy holatini egallaganligi bilan bog'liq va uning metodologiyasiga kuchli ta'sir etadi. Masalan, yuqori disperslikdagi sistemalarni (sirt qavatlarini ham) o'rganishda kimyoviy yondashuvga ustunlik beriladi. Kimyoviy usullar nanozarrachalar (klasterlar) elektron tuzilishini va ularning nanozarrachalarning katalitik xossalariga ta'sirini hisoblash uchun, sirt kuchlari va Gamaker konstantasini hisoblash, hamda massalar

ta'sir qonunini qo'llab adsorbsion muvozanat konstantasini aniqlash uchun qo'llaniladi. Bimolekulyar reaksiyalar va koagulyatsiya elementar aktining o'xshashligi asosida elektrolitlar ta'sirida boradigan zollarning tez koagulyatsiyasi nazariyasi tuzilgan (Smoluxovskiy M., 1916).

Elektrokinetik hodisalar (elektroforez va elektrosmos) elektrokimyoning qo'sh elektrik qavatning tuzilishi va elektrokapilyar hadisasi haqidagi tamoyillarga asoslanadi. Shu bilan bir vaqtda nisbatan yirik zarrachalarni hosil qiladigan kolloid sistemalarni o'rganish va ifodalashda molekulyar fizika, kimyoviy termodinamika, tutash muhit mexanikasi tamoyillari keng qo'llaniladi.

Tamoiiliy nuqtai nazaridan kolloid sistemalarni o'rganishda parallel ravishda kimyoviy va fizikaviy nazariyalar, modellar va usullarni qo'llab muhim natijalarni olish juda katta qiziqish o'yg'otadi. Bunday yondoshuvga yaqqol misol SFM eritmalarida to'g'ri va teskari mitsellalarning hosil bo'lishini tadqiq etishdir. Mitsella hosil bo'lishning zamonaviy nazariyasi ikkita bir-birini to'ldiruvchi modellardan tuzilgan. Bular kvazikimyoviy modellar (agregirlashning qaytar reaksiyasi natijasida mitsellalarning hosil bo'lishi) va 2chi tartibli fazoviy o'tish modellaridir. Bundan taomiliy dualizm kolloid kimyo metodologiyasi uchun juda karakterlidir. Bir o'ektda (kolloid zarracha, sirt qavati) makroskopik va molekulyar xossalarni birlashtirish yetarli darajada ustunlikka egaligi kimyoglarlar va fiziklar tomonidan juda ilgari baholangan. Jumladan kapilyarlik va sirt hodisalarining o'rganilishi molekula o'lchamini birinchi miqdoriy baholash (B. Franklin, T. Yung) imkonini berdi va molekulararo tortilish kuchini (A. Klero, P. Laplas) ochilishiga olib keldi.

Organik suyuqliklar kapilyar ko'tarilishining temperaturaga bog'liqligini o'rganish ularning kritik temperaturasini o'rnatish imkonini berdi (D. I. Mendeleev). Toza moddalar sirt tarangligining temperatura koffitsiyenti bo'yicha Bolsmon konstantasi hisoblandi.

Kolloid sistemalarni tadqiq etishda fizikaviy va kimyoviy yondashuvlarning birgalikda qo'llanilishiga boshqa misol mustahkamlikning adsorbsion kamayish hodisasining ochilishidir

(Rebinder hodisasi). Ushbu hodisaning zamonaviy nazariyasi qattiq jismlar fizikasi va mexanikasining qator qarashlari va tamoyillarini dislokatsiya - joylashuv tirqish cho'qqisidagi kuchlanish tamoyili hosil bo'ladigan tirqishlar kritik o'lchamlarini hisoblash uchun Griffiths nazariyasi va h.z.lar qo'llaydi. Shu bilan bir qatorda Redindir hodisasining molekulyar mexanizmini o'rganish so'zsiz kimyoviy jarayonlar va omillarni chetlab o'tmaydi. Chunki metallar, ionli kristallar va boshqa qattiq jismlar mustahkamligi va plastikligining pasayishi mos ravishdagi moddalarning bo'zilishi oldi zonasidagi adsorbsiyasidan kelib chiqadi.

Molekulyar fizika, termodinamika va tutash muhitlar mexanikasi asosida o'rnatilgan kolloid kimyoning fenomenologik qonunlari fundamental harakterga ega. Shunga qaramasdan ularni ultradispers sohada to'g'ridan-to'g'ri ekstrapolyatsiyasi yetarli darajada adekvat emas. Bu ultradispers sohada modda ko'plab xossalarning zarracha o'lchamiga ( $d$ ) ahamiyatli bog'liqligi bilan izohlanadi. Xossalardagi bunday o'zgarishlarni turli sabablar keltirib chiqarishi mumkin.

Masalan  $d < 1$  sohada kristallar diametrlarining kamayishi bilan ular mustahkamligining oshishi ko'zatiladi. Bu "ostona" deformatsiyalanmagan kristallarda joylashishlar (dislokatsiya) o'rtasidagi o'rtacha masofaning tartib bo'yicha kattaligiga mos keladi.

Kolloid sistemalar dispers fazaning juda katta solishtirma sirti  $\Omega$  bilan harakterlanadi:

$$\Omega \approx \frac{K}{d^k} \quad (1)$$

bunda  $k$  - o'lchovsiz koeffitsiyent (sferik va kubsimon zarrachalar uchun  $k = 6$ ),

$\rho$  - dispers faza zichligi.

Kolloid sistemalarni harakterlovchi boshqa muhim termodinamik parametrlar solishtirma erkin sirt energiyasi ( $\sigma$ ) (sirt tarangligi), sirt entropiyasi ( $\eta$ ) entropiyasi va solishtirma adsorbsiyadir ( $G$ ).

O'rtacha darajadagi disperslikdagi sistemalar uchun sirt taranglik dispers faza va dispers muhitning faqat kimyoviy tarkibidan (tabiatidan) aniqlanadi. Lekin nanosistemalar uchun sirt taranglikning dispers zarrachalar o'lchamiga bog'liqligi hisobga olinishi zarur.

Kolloid kimyoda sirt tarangligi juda muhim ahamiyatni kasb etganligi uchun ushbu masalaga atroflicha e'tiborni qaratish maqsadga muvofiq. Sirt taranglikning mashtabli (o'lchamli) bog'liqligini tahlili uchun ikki yaqinlashuv keng qo'llaniladi. Ulardan biri sirt taranglikni sirt egriligi bilan bog'laydi va, masalan, tomchining sirt xossalari gaz pufakchalari va yangi faza zarrachalarining paydo bo'lishini ifodalash uchun qo'llaniladi. Ushbu bog'liqlikni ifodalash uchun Tolmen quyidagi tenglamani taklif etgan:

$$\sigma_r \left( 1 + 2 \frac{\delta}{r} \right) = \sigma_0, \quad (2)$$

bunda  $\sigma_r$  - egrilik radiusi  $r$  ga mos keladigan suyuqlik tomchisi uchun sirt tarangligi;  $\sigma_0$  - tekist sirt uchun taranglik;  $\delta$  - qoldiq termodinamik funksiya (Gibbs) bo'yicha harakterlanuvchi moddaning sirt qavati qalinligi.

Qator baholashlarga ko'ra  $\delta$  ning qiymati taxminan 1 ga teng. Nanoulchamli tomchilar va gazli pufakchalar uchun sirt taranglikning keskin o'zgarishi (oshishi) ko'zatiladi. Shuning uchun kolloid kimyoning barcha fundamental qonunlari: Laplasning kapilyar bosim qonuni, Yungning hullanishning egrilik burchagi qonuni, egri sirt ustidagi to'yingan bug' bosimi uchun Kelvin qonuni va h.z. larga  $\sigma = f(r)$  bog'liqlikni hisobga oluvchi mos ravishdagi tuzatishlar kiritilishi kerak.

O'lcham omili fazoviy o'tishlarda kurtak zarrachalarning hosil bo'lishida juda katta ahamiyat kasb etadi. Haqiqatda yangi faza kurtaklanishining kritik o'lchamini aniqlovchi klassik termodinamik nisbatda kurtak zarrachalar egrilik sirti juda katta bo'lishiga qaramasdan kichik egrilikdagi sirt uchun sirt tarangligi kiradi.

Ushbu holat quyidagi misol bilan tushuntiriladi. Birinchi tartibli fazaviy o'tish natijasida gomogen hosil bo'lishdagi yangi faza kurtagining kritik o'lchami  $r_c$  Gibbs nazariyasida quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$r_c = \frac{2\sigma T_m}{Q_m \Delta T}, \quad (3)$$

bunda  $T_m$  va  $Q_m$  – fazoviy o‘tish temperaturasi va issiqlikligi,  $\Delta T$  –  $T_m$  dan chetlangan temperatura. Shunday qilib suyuq metallning juda kichik tomchisini kristallash uchun (5 nm dan boshlab) keskin o‘ta sovitilishi ( $\Delta T$ ) kerak. Masalan,  $\Delta T$  simob uchun 77, qalay uchun – 118, mis uchun – 236, platina uchun – 370<sup>0</sup>S ni tashkil etadi. Qayd etilgan natijalar egrilik radiusining kamayishida sirt taranglikning oshishi bilan oddiy izohlanadi (tenglama 2). Bu mos ravishda o‘tasovutishning  $\Delta T$  oshishiga olib keladi (tomchi o‘lchamining qayd etilgan  $r_s$  qiymatida nozik suyuq pardalar hosil bo‘ladi).

Ultradispers sistemalarning o‘ziga xos xossalarini ifodalashda boshqa yondashuv Deryagin tomonidan kiritilgan pona bosim (P) haqidagi tasovurning qo‘llanilishidir. Pona bosim qalinligi N bo‘lgan yupqa qavat ichki bosim (Rn) va o‘sha modda berilgan temperatura va kimyoviy potentsiallar qiymatlarida hajmiy fazadagi bosim (Ro) orasidagi farq bilan ifodalanadi:

$$P = P_H - R_o, \quad (4)$$

Nozik plenkalarning o‘ziga xos muhim tomoni shundan iboratki ularning qalinligi (N) sirt qavati qalinligi ( $\delta$ ) bilan o‘lchovdosh. Ikkita kontaktdagi fazalar ( $N < \delta$  da) sirt qavatlarining qoplanishi yupqa qavat erkin energiyasiga qo‘shimcha ulush qo‘shadi. Bugunki kunda pona bosim tamoyili har tamonlama ishlab chiqilgan va ko‘plab hodisalarni ifodalash uchun keng qo‘llanilgan. Jumladan, pona bosim haqidagi tasavvur kolloid eritmalar barqarorligi nazariyasining (Deryagin-Landau-Fervey-Overbek (DLFO) nazariyasi asosini tashkil etadi.

Qattiq jismlarning nanoo‘lchamli tomchilar bilan ho‘llanilishini ifodalashda ham ba’zi muammolar kelib chiqadi. Bu holatda ho‘llanishning muvozanatdagi egrilik burchagi ( $\theta_r$ ) chiziqli taranglikka ( $\kappa$ ) bog‘liq va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\cos\theta_r = \cos\theta_0 - \frac{\kappa}{\sigma r}, \quad (5)$$

bunda  $\theta_0$  - egrilikning katta radiusida tomchining muvozanatdagi burchagi ( $\geq 0.1$ mm),  $r$  - tomchi asosining radiusi.



Ushbu nisbat Laplasning kapillyar bosim qonuniga o'xshab ( $R_r=2\sigma/r$ ) birinchi marta olingan va qattiq taglikda pufak asosi tekisligidagi ho'llanish tekisligida kuchni o'lchash orqali tajribaviy tasdiqlangan. Kichik radiusli ( $r$ ) tomchi va pufak uchun egri burchak  $\theta_r$  uch fazali kontakt chizig'idagi mexanik muvozanat shartidan aniqlanadi.

$\theta_r$  ning chiziqli taranglik bilan bog'liqligining to'g'ridan-to'g'ri isboti asbest tolalaridagi organik suyuqliklar tomchilari uchun olingan. Turli baholashlarga ko'ra chiziqli taranglik qiymati  $\sim 10^{-7}$  mN ni tashkil etadi. Shuning uchun egri burchagiga qo'shgan sizilarli hissasi faqat nanoo'lchamli tomchilar ( $r \sim 10^{-9}$  m) holatida ko'zatiladi (sirt tarangligi  $\sigma = 50-100$  mN·M<sup>-1</sup> bo'lgan suyuqliklar uchun).

Chiziqli taranglikning ta'siri yangi faza kurtaklarining geterogen hosil bo'lishida yanada yaqqol namoyon bo'ladi. Termodinamik tahlil sferik segment shaklida ko'rtakning (tomchining) hosil bo'lish ishi quyidagi tenglamaga olib keladi:

$$A = \frac{PV}{2} + \frac{\kappa l}{2}, \quad (6)$$

bunda  $R$  - kapillyar bosim,  $V$  - tomchi hajmi,  $l$  - uchfazali tutashuv chizig'ining uzunligi.

(6) tenglamani umumlashgan tenglama deb qarash mumkin. Uning yordamida nanoo'lchamli sohada yangi faza kurtaklarining hosil bo'lish ishini hisoblash mumkin (ushbu maqsadda chiziqli taranglik ham kiritiladi). Sferik tomchilar hosil bo'lish holatida  $\kappa = 0$  va (6) tenglama yangi faza kurtaklarini gomogen hosil bo'lishi ishini ifodalovchi tenglamaga o'tadi ( $A_0$ ).

$\kappa = 0$  da yangi faza kurtaklarining geterogen hosil bo'lish ishini hisoblash uchun ( $A_h$ ) Folmer tenglamasidan foydalaniladi.

$$A_h = A_0 (2 - 3\cos\theta_0 + \cos^3\theta_0) \quad (7)$$

Va nihoyat,  $V = 0$  da (6) ifoda ikki o'lchamli kurtaklarning hosil bo'lish ishini ifodalaydi ( $A = \kappa l/2$ ).

Kolloid kimyo ba'zi qonunlarining nanodispersli obyektlarda ekstrapolyatsiyasi bo'yicha yuqorida keltirilgan misollarni birlamchi yaqinlashuv deb qarash kerak. Yuqorida qayd etilgan tuzatishlar hisobga olingan holda ham ushbu qonunlarning amal qilishidagi chegaralanishning asosiy sababi nanosistemalar tuzilishining o'ziga xosligi bilan izohlanadi. Bunday ekstrapolyatsiyalashda paydo bo'ladigan muammolarning murakkabligi va siyqasi chiqmaganligini texnika va tabiiy jarayonlarda juda keng tarqalgan ikki nanoobyektlar, ya'ni suyuqlikning sirt qavati va uchfazali tutashuv chizig'i misolida tushuntirish mumkin.

Toza suyuqlikning gaz faza bilan chegarasidagi sirt yuzasi juda kichik qalinlikka ( $\delta$ ) - bir necha tartibdagi molekulyar qavatga (kritik temperaturadan o'zoqda) ega, ya'ni ikki makroskopik o'lcham va bir nanoo'lcham (qalinlik) bilan ikki o'lchamli (uzunlik va kenglik) nanozarracha shaklida beriladi.

Bunday ta'rif Yung-Laplasning klassik kapilyarlik nazariyasidan kelib chiqadi. U mikroskopik nazariya asosida hisoblashlar bilan tasdiqlanadi. Gibbs nazariyasi modda sirt qavatini alohida faza sifatida qaraladi. Uning termodinamik parametrlari ayni modda hajmiy fazasining o'xshash parametrlaridan farq qiladi. Shuning ham suyuqlikning sirt qavati ichki hajmli suyuqlik strukturasi bilan farq qiladi. Yaqin vaqtlargacha sirt qavatni tuzilishini o'rganishning adekvat usullari bo'lmaganligi uchun ularni atroflicha o'rganishning iloji bo'lmagan. Faqat keyingi yillarda kichik burchakli masofa usulining takomillashtirilishi turli suyuqliklar (simob, gallyi,  $C_{16}H_{34}$  dan boshlab to'yingan uglevodorodlar va boshqalar) sirt qavatlari haqida ishonchli ma'lumotlar olish imkonini berdi. O'rganilgan barcha moddalar uchun ular sirt qavatining suyuqlanish temperaturasi ( $T_{\text{suyuq}}$ ) ancha yuqori gradusdagi temperaturada ikki o'lchamli kvazikristal strukturani namoyon qilishi topilgan. Sirt qavatining qalinligi 1-2 molekulyar (atom) diametriga baholanadi. Ikki o'lchamli kristall (sirt qavati) parametrlarining o'sha modda hajmiy kristal panjarasi parametrlaridan farq qilishi aniqlangan. Ushbu tajribalar suyuqlik sirt qavatining taklif etilgan to'r modelini tasdiqlaydi. Unga ko'ra qattiq fazaning nanozarrachalari to'rni hosil qilishda ishtirok etadi. Ular sirt taranglikni paydo bo'lishini keltirib chiqaruvchi strukturani ("to'ri") hosil qiladi. Model suyuqliklar sirt tarangligi bilan erish issiqligi o'rtasidagi juda oddiy korrelyatsiyani

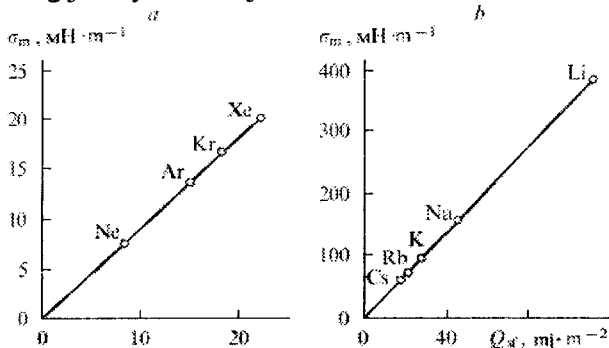
bashoratlaydi. Mazkur korrelyatsiya suyuq metallar va siqilgan inert gazlar uchun tajriba natijalari bilan yaxshi moslashadi. Ushbu ma'lumotlar juda katta ahamiyat kasb etadi. Ulardan hajmdagi holatdan farqli o'laroq toza suyuqlik sirtining nanoqavati haqiqatdan ham agregat holatiga ega. Shu bilan bir qatorda Gibbs tomonidan ilgari surilgan sirt hodisalari termodinamikasining dastlabki postulatlaridan biri tasdiqlanadi. Ushbu postulatga ko'ra sirt qavati yakka holdagi fazadir.

Yuqorida qayd etilganlardan kelib chiqqan holda sirt qavatini ikki o'lchamli "suyuqlik-qattiq jism" fazaviy o'tishi sifatida qarash mumkin. Ushbu model doirasida suyuqlanish temperaturasi yaqinida sirt taranglik ( $\sigma_m$ ) suyuqlanish issiqligiga ( $Q_m$ ) proporsional. Bundan qo'yidagi ifoda kelib chiqadi.

$$\sigma_m = Q_m \rho_s \delta = Q_{sf} \delta \quad (8)$$

bunda  $\rho_s$  - qattiq faza zichligi,  $Q_{sf}$  - maydon birligi hisobidan sirt qavatning erish issiqligi.

Birinchi yaqinlashuvda sirt qavatining qalinligi ( $\delta$ )  $a$  ga teng ( $a$  -berilgan modda kristall panjarasi parametri). 3-rasm ko'plab suyuq metallar va siqilgan inert gazlar uchun  $\sigma_m = f(Q_m)$  chiziqli bog'liqlikning juda yaxshi bajarilishini ko'rsatadi.



3-rasm. Sirt taranglikning ( $\sigma_m$ ) suyuqlanish temperaturasi yaqinida suyuqlanish issiqligi bilan korrelyatsiyasi ( $a$  - siqilgan inert gazlar,  $b$  -ishqoriy metallar)

Sirt qavatli suyuq ishqoriy metallar uchun to'rtta monoqavatga siqilgan, gazlar uchun - bitta monoqavatga to'g'ri keladi.

Sirt qavatning qattiq modelidan sirt tarangligining temperatura koeffitsiyentini ( $-d\sigma/dT$ ) erish entropiyasi  $\Delta S = Q_m \Gamma_m$  orqali hisoblash imkoniyati paydo bo'ladi. Ko'pgina suyuq metallar uchun sirt tarangligining temperatura koeffitsiyentini hisoblash natijalari tajriba natijalariga mos keladi.

Boshqa misol sifatida kolloid nanosistemalarning to'liq nazariyasini yaratish uchun qo'shimcha termodinamik parametrlarning (pona bosimi (P) chiziqli taranglik  $\kappa$ ) qo'shilishidagi kamchiliklarni qarashi mumkin.

Uchfazali sistemalardagi muhim nanoobyekt - uchfazali tutash chizig'i. U ho'llashda, kapillyar oqishda, suyuqliklar adgeziyasida, qattiq jismlar sirtidan tomchining oqishida, taglikda bug'ning kondensatlanishi va boshqa hodisalarda namoyon bo'ladi. Bu jarayonlarda uch o'lchamli tutash chizig'i suyuqlik meniksining oldingi chegarasini ifoda etadi. Qator holatlarda "ucho'lchamli tutash" termini bilan bir qatorda "ho'llanish chizig'i" termini ham ishlatiladi. Yuqorida qayd etilganidek, chiziqli taranglik ucho'lchamli kontakt chizig'ining o'ziga xos bo'lgan xususiyatlarini ifodalaydi. Chiziqli taranglikning ( $\kappa$ ) egrilik burchaklarga bog'liqligini hisobga oluvchi turli nazariy modellar ((5) tenglamaga qarang) ho'llanish chizig'i to'g'ri aylana, ya'ni barcha uzunlikda bir xil egrilikka ( $1/r$ ) ega degan farazni hisobga oladi.

Shunga o'xshash faraz, masalan, qattiq yoki suyuqliklar bo'ylab ho'llanadigan suyuqlikning o'z-o'zidan oqishi, kapilyar va g'ovvak muhitlar va x.z. lardan oqishning nazariy ifodalanishida foydalaniladi.

Lekin qattiq tagliklarda turli suyuqliklar tomchilarining sirtqi ko'rinishlari prezision tekshirishlarda (elektron mikroskopiya, lazer interferometriya) ho'llanilish chegarasining boshqa shakli haqidagi xulosaga olib keldi. Nanomashtabda u regulyar tasvirlanuvchi mos ravishda ho'llash chizig'i "aylana" o'rtacha holatini ilgarilovchi va undan orqada qoluvchi holatlarni ifodalovchi qabariq

va botiqlikni ifodalaydi, ya'ni u musbat va manfiy egrilikli mayda qismlardan iborat.

Ushbu natija ho'llashning mikroskopik nazariyasini rivojlantirish uchun juda muhim. Dastavval u tomchining oqishida ho'llanish chizig'i harakatini barcha sirtqi ko'rinishlar chegarasida ho'llangan maydonning ravon kengayishini sifatida qarash mumkin emas (ushbu holat oqishning gidrodinamik nazariyasida foydalaniladi).

Haraktning boshqa mexanizmi - radikal yo'nalishida menikslarni ilgarilovchi va paydo bo'lgan kapillyar ta'sirida suyuqlikning tangensial oqishiga olib keluvchi fluktuatsion hosil bo'lish mexanizmi ehtimoliyati ancha katta. Ho'llanish chizig'i siljishining ushbu mexanizmi barcha perimetrlar bo'ylab tomchining bir vaqtning o'zida oqishiga asoslangan mexanizmga ko'ra ancha kam faollanish energiyasini talab etadi. Ucho'lchamli tutash chizig'ining bunday harakati kristallardagi chetki dislokatsiyalarda toyish (siljish) bilan ko'p jihatdan o'xshash. Shunday qilib, uni ifodalashda mos modellardan (bukilishlarning hosil bo'lishi, ularning kengayishi va h.z) foydalanish eng samaralidir. Shu bilan bir qatorda ushbu obyektlarni ifodalash uchun fraktal geometriya usullaridan foydalanish katta istiqbollarni ochadi.

## 12.5. Kolloid strukturalarning o'z-o'zidan hosil bo'lishi

Dispers sistemalarning fundamental xossalari ularning asta-sekinlik bilan uzluksiz rivojlanish xususiyatidir. Uzluksiz rivojlanish modda kolloid (dispersli) holatining tabiati bilan, birinchi navbatda esa kolloid sistemalarning termadinamik muvozanatdamligi bilan bog'liq. Dispers faza va dispers muhit o'rtasidagi juda rivojlangan chegara sirtining mavjudligidan paydo bo'lgan qoldiq erkin energiya Gelmgols erkin ( $F$ ) energiyasining kamayishiga olib keluvchi turli jarayonlarning (fizik, fizik-kimyoviy) borishini qo'llab-quvvatlaydi.

Kimyoviy komponentlar hisobga olinmaganda dispers sistemaning Gelmgols erkin energiyasining o'zgarishi ( $dF$ ) o'zgarimas temperaturada quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$dF = -TdS + d(\sigma\Omega), \quad (9)$$

bunda  $\Omega$  - fazolar o'rtasidagi chegara sirtining kattaligi.

Uzluksiz rivojlanishning termodinamik shartiga ( $dF < 0$ ) energetik va entropiya yo'llari bilan erishish mumkin. Energetik yo'l (9) tenglamadagi ikkinchi hadni o'zgartirilishi bilan harakterlanadi. Bunga ikki yo'l bilan, ya'ni dispers faza va dispers muhit o'rtasidagi chegara sirtini kamaytirish ( $d\sigma\Omega < 0$ ), hamda fazolararo erkin sirt energiyasini kamaytirish ( $\Omega d\sigma < 0$ ) orqali erishish mumkin. Fazolararo sirt kamayganda zarrachaning o'rtacha o'lchami ( $d$ ) kattalashadi, ya'ni zarrachalarning o'lchamlari bo'yicha ularning hosil bo'lish vaqtida qayd etilgan taqsimlanishi vaqt o'tishi bilan katta o'lchamli zarrachalar tomonga siljiydi. Bu jarayonning mexanizmi turlicha bo'lishi mumkin: emulsiyaga tomchining (koalesensiya) va ko'piklarga gaz pifakchalarining ular bir-biri bilan to'g'ridan-to'g'ri kontakda bo'lganda qo'shilishi; Kelvin qonuniga mos holda dispers faza zarrachalarini izotermik haydash; qattiq zarrachalarning Osvaldcha hosil bo'lishi. Ushbu jarayonlar natijasida qattiq zarrachalar shunchalik yiriklashishi mumkinki, natijada ular sedimentatsion barqarorlikni yo'qotadi. Qayd etilgan jarayonlarning oxirgi natija dispers sistemani ikki makrofazalarga bo'linishiga olib kelishi mumkin.

Solishtirma erkin sirt energiyasining kamayishi ( $d\sigma < 0$ ) dispers faza zarrachalarining dispers muhit qavatlari orqali ta'sirida, hamda koagulyatsiya jarayonida sistemaning agregativ barqarorligi yo'qolganda o'rinli.

Zollarning barqarorlik nazariyasi (Deryagin-Landau-Fervey-Overbek (DLFO) nazariyasi) birinchi yaqinlashuvda kolloid zarrachalar o'zaro ta'sirini zol zarrachalarining yaqinlashishini natijasida ionli atmosferaning yopilishida paydo bo'ladigan dispers (tortishish) va elektrostatik (itarish) o'zaro ta'sirlarning yig'indisi sifatida qaraydi.

Dispers faza zarrachalarining radiusi ionli atmosfera qalinligidan ancha katta bo'lgan holatda kolloid zarrachalarning o'zaro ta'sir energiyasini  $U(h)$  quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U(h) = \frac{BC_0 kT \gamma^2}{\kappa} \exp(-\kappa H) - \frac{A^*}{12\pi H^2}, \quad (10)$$

bunda  $V$  – sonli koeffitsiyent;  $S_0$  – sistemadagi elektrolit konsentratsiyasi;  $\gamma = th((Ze\phi_0)/4kT)$  ( $Z$  - qarama-qarshi ion valentligi,  $\phi_0$  - qattiq sirtning termodinamik potentsiali);  $\kappa$  - Debay-Xyukkel nazariyasidagi ionli atmosfera qalinligining teskari qiymati;  $\kappa = \epsilon\epsilon_0 kT / 2z^2 e^2 C_0$ )<sup>-1/2</sup> ( $\epsilon$  - muhitning eielektrik doimiysi,  $\epsilon_0$  - qiymati  $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  ga teng bo'lgan dielektrik doimiysi);  $N$ -zarrachalar o'rtasidagi dispers muhit qavatining qalinligi;  $A^*$  - o'zarota'sirda (kontaktda) bo'lgan fazalarni xarakterlovchi Gamakerning murakkab konstantasi.

DLFO nazariyasidan agar zarrachalarning elektrostatik itarishi bilan bog'liq bo'lgan energetik ( $Y_{ee}$ ) to'siq issiqlik harakat energiyasidan ahamiyatli katta bo'lsa ( $Y_{ee} \gg kT$ ), u holda sistema agregativ barqaror bo'ladi va zarrachalarning yiriklashuvi amalga oshadi.

$E_{el} \ll kT$  bo'lgan holatda to'qnashishlar agregatning hosil bo'lishiga olib keladi. Bunda zol zarrachalarining to'qnashishidan agregatlarning hosil bo'lish tezligi ularning dispers muhitdagi diffuziyasi bilan aniqlanadi. Ushbu jarayon tez koagulyatsiya nomini olgan (M.Smoxulovskiy, 1916). Tez koagulyatsiya jarayonini harakterlovchi parametr koagulyatsiya davridir ( $\tau$ ) - zarracha konsentratsiyasining ( $V_0$ ) 2 marta kamayishi uchun zarur bo'lgan vaqt  $S_{xomulovskiy}$  nazariyasiga ko'ra:

$$\tau = \frac{3\eta}{8kT V_0}, \quad (11)$$

bunda  $\eta$ -dispers muhit qovushqoqligi.

Tez koagulyatsiya uchun  $\tau$  ning qiymati odatda bir necha sekunddan oshmaydi.

Elektrolit konsentratsiyasi kamayganda samarali to'qnashishlar soni kamayadi, faqat ularning bir qismigina agregatlar hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday holatga sekin koagulyatsiya deyiladi

(N.A.Fuks, 1934). Fuks nazariyasiga ko'ra agregatlarning hosil bo'lish tezligi potensial energiyaning zarrachalar markazlari orasidagi masofaga bog'liq bo'lgan to'siqning paydo bo'lishi bilan kamayib boradi. Nazariy bashoratlanadigan koagulyatsiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi, hamda tezlikning koagulyatsiya chaqiruvchi ionning zaryadiga bog'liqligi nisbati tajribada olingan natijalar bilan qoniqarli darajada mos keladi.

Zollar kogogulyatsiyasida agregatlar olinadi, ular fraktallarining o'lchami kogulyatsiya tipiga bog'liq. Sekin koagulyatsiya sharoitida hosil bo'luvchi agregatlar fraktallarining o'lchamlari tez koagulyatsiya sharoitida hosil bo'luvchi agregatlar fraktallari o'lchamlaridan katta. Bu esa ularning yuqori darajada tashkillashtirilganligiga guvohlik beradi.

(10) tenglamaning tahlilidan zarrachalarning o'zaro ta'sir energiyasining masofaga bog'liqlik egri chizig'ida N ning yetarli darajadagi katta qiymatlarida minimum ko'zatilishi mumkin. Uzoq o'zarota'sir deb ataladigan zarrachalarning uzoq masofadagi o'zaro ta'siri fazaviy barqarorlikni namoyon qiluvchi ansambillarning shakllanishiga olib keladi. Bunday tartibli hosil bo'lishga *davriy kolloid struktura* deyiladi.

Davriy strukturaga yaqqol misol zarrachalari anizometrik shaklga ega bo'lgan temir gidrooksidlari, vanadiy oksidlari va boshqalar zollarida hosil bo'ladigan strukturalar, Shiller qavatlaridir.

Zarrachalar zolning kichik konsentratsiyalarida cho'ktirilishidan bir-biridan bir necha nanometrga qoluvchi gorizontal qavatlar hosil bo'ladi. Zol konsentratsiyasining oshirilishi *taktoidlar* deb ataluvchi urchuqsimon agregatlar hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday holda dispers faza zarrachalari vereten o'qiga parallel joylashadi, ular orasidagi mosofa esa unlab nanometrgacha kamayadi. Bunda dispers zarrachalar qattiq taglik atrofida oriyentirlanishi mumkin.

Davriy kolloid strukturalarga Lizegan qavatlar va halqalari ham kiradi. Ular o'rganilgan o'z-o'zidan hosil bo'luvchi strukturaga dastlabki misoldir. Ushbu obyektga atroflicha to'xtalamiz. Lizegan (1896) halqasini olish uchun 15 % li  $\text{AgNO}_3$  eritmasining tomchisi 0,4 % li kaliy bixromat eritmasi bilan oldindan shimdirilgan jelatina

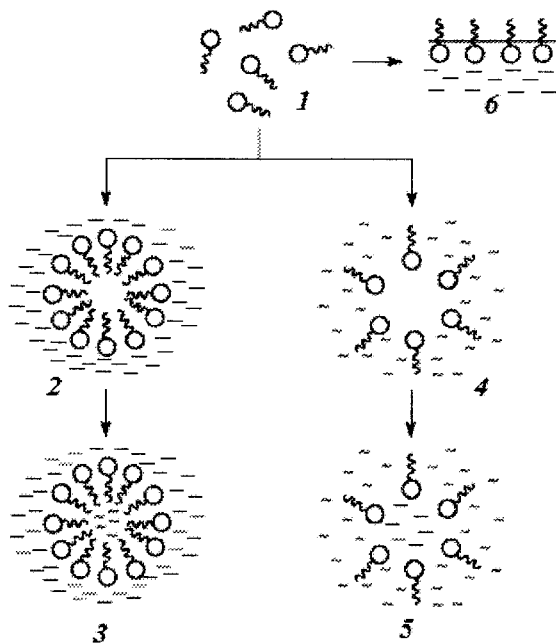


geling qavatiga joylashtiriladi. Kumush tuzi gelga asta-sekin diffundirlanadi. Buning natijasida kumush bixromatning cho'kishi amalga oshadi. Cho'kma tomchi atrofiga uzluksiz zona hosil qilmaydi, balki tiniq (shaffof) oraliqlar bilan ajratilgan konsentrlil halqa sifatida namoyon bo'ladi.

Shuni alohida qayd etish kerakki, Lizegan halqalarining ochilganligiga ancha vaqt o'tishiga qaramasdan hozirgi kunga qadar ularni hosil bo'lishning yetarli darajadagi to'liq nazariyasi ishlab chiqilmagan. Shunga qaramasdan ushbu hodisa nafaqat kolloid kimyo uchun balki boshqa fanlar, masalan, biofizika fani uchun ham katta qiziqish o'yg'otadi. Haqiqatda Lizegan halqalari bir o'lchamli sistemalarda (nozik qavatlarda) boradigan avtoto'liqli jarayonlar natijasida paydo bo'ladigan halqali strukturalarga o'xshash. Bunday "taqsimlangan" sistemalarda diffuziya bo'lganda davriy to'liqli strukturalar, konvektivli oqimlar esa diffuziya bo'lmaganda ya'ni konsentratsion to'liqlarning tarqalishidan paydo bo'ladi. Lizegan halqalarini hosil bo'lishi uchun ham aynan shunday sharoit talab etiladi. Qaraladigan reaksiya holatida Lizegan halqari paydo bo'lishi-ning imkoniy sabablaridan biri kumush bixromat kolloid zarrachalarining muayyan joyda hosil bo'lishi mumkin. U reaksiyaga kirishadigan moddalardan birortasining ortiqchaligidan koagulyalanishi mumkin.

Dispers sistemalarda o'z-o'zidan tashkillanish jarayonlari tashqi ta'sirlar natijasida ham ko'zatilishi mumkin. Suspenziya oqimining siljishida zol dastlabki zarrachalarining tartiblashgan strukturalarini hosil bo'lishi bilan agregatlanish mumkinligi qator ishlarda ko'rsatilgan.

Yuqorida qayd etilgan misollar zarrachalar o'lchami nisbatan katta bo'lgan tartiblashgan kolloid nanosistemalarga taalluqli. Endi boshqa chegaraviy holatga - o'z-o'zidan hosil bo'luvchi nanosistemalarga o'tamiz. Ularda dispers fazaning o'lchami molekulyar o'lchamdan faqat ozginaga katta. Bunday sistemalarga, masalan, SFM larning suvli eritmaları kiradi. SFM molekularini o'z-o'zidan hosil bo'lishining imkoniy holati 4-rasmda ko'rsatilgan. Ularga turli sirt chegaralarida SFM ning adsorbsion qavati hamda to'g'ri va teskari mitsellalar kiradi.



4-rasm. SFM eritmalarida tashkillashtirilgan strukturalarning hosil bo'lish sxemasi

1 - SFM eritmasi, 2 – suvdagi eritmada to'g'ri mitsella, 3 - to'g'ri mitsellada qutbsiz suyuqlikning solyubillanishi, 4 - qutbsiz suyuqlikda teskari mitsella, 5 - teskari mitsellada qutbli fazaning solyubillanishi, 6 – “suvli eritma – havo” sirt chegarasida SFMning adsorbsion qavati.

Haqiqatda SFM ning qavati “suv – havo”, “suv – yog‘”, “qutbli qattiq sirt – SFM eritmasi” sirt chegaralarida juda yuqori darajadagi tartibga ega bo'lishi mumkin. Ularda SFM ning barcha molekulari (ionlari) fazalar sirt chegarasida SFM qutbli guruhi qutbli faza bilan tegib turgan bo'lib, perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi. Shuni alohida qayd etish kerakki, suv sirtida biologik faol strukturaning o'z-o'zidan hosil bo'lishi biologik evolyutsiyada juda ham muhim o'rinni egallaydi. Ko'plab natijalar va hisoblashlarning

ko'rsatishicha okeanlar (dengizlar) sirti oddiy organizmlarning payd bo'lishi uchun juda qulay sohadir.

O'z-o'zidan hosil bo'luvchi kichik o'lchamdagi kolloid nanostrukturalarning boshqa sinfi SFM larning tug'ri va teskari sferik mitsellalaridir. Mitsellalarning tartiblanganligi mitsella markazidan uning tabiatiga ko'ra dispers muhitga yaqin suv yoki organik suyuqlik funksional guruhlari joylashgan tashqi sirtga radikal yo'nalishdagi SFM molekulari (ionlari) ning bir xil oriyentatsiyasi bilan harakterlanadi. Ushbu tipdagi o'z-o'zidan hosil bo'luvchi nanostrukturalarga plastinkali va silindrsimon mitsellar, SFM biqavatlari, vezikulalar ham kirishi mumkin.

O'z-o'zidan tashkillanuvchi SFM strukturasining hosil bo'lishiga olib keluvchi sabablar suyuq faza yoki qattiq taglikka (qattiq sirtga eritmadan SFM ni adsorbsiyalanish jarayoni qaralganda) juda ko'p darajada bog'liq SFM larning suvli eritmalaridagi o'z-o'zidan tashkillashtirish jarayonlari dispers faza entropiyasi ( $dS_d$ ) va dispers muhit entropiyasining ( $dS_m$ ) o'zgarishidan tashkil topgan sistema entropiyasining umumiy oshishi bilan hisobiga amalga oshadi.

Bunday holatda suvli eritma-havo sirt chegarasida adsorbsiya jarayonida SFM molekulari entropiyasining muayyan joyda kamayishi va mitsella hosil bo'lishi suv molekulari entropiyasining oshishi bilan qoplanadi. Sistema entropiyasining umumiy o'zgarish  $dS > 0$  bo'ladi.

Bunga qarama-qarshi moyli fazada mitsellaning paydo bo'lishi "suv-moy" sirt chegarasidagi yoki qutbli qattiq sirtidagi SFM adsorbsiyasi kabi teskari mitsellalar yadrosida SFM qutbli guruhlarining bir-biri bilan o'zaro ta'siri yoki SFM qutbli guruhlarining qutbli qattiq sirt yoki qutbli erituvchi bilan ta'siri natijasida sistema entalpiyasining o'zgarishi bilan aniqlanadi.

Shuni alohida qayd etish kerakki, SFM ionlarining o'z-o'zini tashkillashtirish jarayonlari gellarda ham ko'zatilishi mumkin.

Shunday qilib, kolloid sistemalarda evolyutsion jarayonlarning eng muhim tomoni ularning ko'p holatlarda turli mashtabdagi (nano-, lizo-, mikro- va makrostrukturalar) tartiblashgan strukturalarga olib kelishidan iborat. Ushbu strukturalar ham ikki

o'lchamli ham uch o'lchamli bo'lishi ham mumkin, ularning o'lchami esa bir necha nanometr dan yuzlab nanometrgacha o'zgarishi mumkin. Bunday strukturalar yetarli darajada keng tarqalgan. Ular katta amaliy va ilmiy, shu bilan bir qatorda qator biofizik va biokimyoviy sistemalar uchun qulay modellar sifatida katta qiziqish o'yg'otadi.

### XIII. KOLLOID KIMYO BO‘YICHA TESTLAR

1. Harorat ko‘tarilishi bilan toza suyuqliklarning sirt tarangligi qanday o‘zgaradi?

- A. Ortadi;
- B. Kamayadi;
- D. O‘zgarmaydi;
- E. Ekstremal o‘zgaradi.

J: B

2. Suyuqliklarning sirt tarangligi shuncha katta bo‘ladi ...

- A. Suyuqlik ichida molekulalararo ta’sirlashuv qancha katta bo‘lsa;
- B. Suyuqlik ichida molekulalararo ta’sirlashuv qancha kichik bo‘lsa;
- D. Harorat qancha yuqori bo‘lsa;
- E. Fazalararo sirt yuza qancha katta bo‘lsa.

J: A.

3. Suyuqliklarni sirt tarangligi ortib borish tartibida joylashtiring:

- A. Geptan;
- B. Sirka kislota;
- D. Izopropil spirt;
- E. Suv

J:  $\sigma_{\text{geptan}} < \sigma_{\text{izopropil spirt}} < \sigma_{\text{sirka kislota}} < \sigma_{\text{suv}}$ .

4. Qaysi sistemada fazalararo sirt taranglik minimal qiymatga ega?

- A. Suv-benzol;
- B. Suv – anilin;
- D. Suv – geksan;
- E. Suv – toluol.

J: B.

5. Fazaning hajmida atom, ion, molekulalarning tortishuviga nima deyiladi?

- A. Adgeziya;
- B. Adsorbsiya;
- D. Ho‘llanish;
- E. Kogeziya.

J: E.

6. Sirt taranglik kamayishi bilan sodir bo‘ladigan hodisa ...

- A. Adsorbsiya;
- B. Peptizatsiya;
- D. Emulsiyalarning qatlamlanishi;
- E. Ho‘llanish
- J: A va E.

7. Dispers sistemalarda o‘zgarmas bosim va haroratda o‘z-o‘zicha boradigan jarayonga nima deb aytiladi?

- A. Dispergirlash;
- B. Izotermik haydash;
- D. Adsorbsiya;
- E. Emulgirlash.

J: B va D.

8. Agar suv solingan idishga radiuslari bilan farq qiluvchi 2 ta shisha kapillyar tushirilsa, kapillyarlarda suyuqlik sathi ...

- A. har ikkala kapillyarda bir xil bo‘ladi;
- B. radiusi katta bo‘lgan kapillyarda suyuqlik sathi baland bo‘ladi;
- D. radiusi kichik bo‘lgan kapillyarda suyuqlik sathi baland bo‘ladi;
- E. har ikkala kapillyarda suyuqlik sathi idishga nisbatan past bo‘ladi.

J: D.

9. Mos javoblarni tanlang:

- A. Ho‘llanish;
  - B. Ho‘llanmaydi;
  - D. To‘liq ho‘llanish yoki yoyilish
1.  $\Theta > 90^0$ ; 2.  $\Theta < 90^0$ ;  
 3.  $\Theta = 0^0$ ; 4.  $\cos \Theta > 0^0$ ;  
 5.  $\cos \Theta = 1$ ; 6.  $\cos \Theta < 0^0$ ;  
 7.  $\sigma_{q/s} > \sigma_{q/g}$ ; 8.  $\sigma_{q/s} < \sigma_{q/g}$ ;  
 9.  $\sigma_{q/g} > \sigma_{q/s} + \sigma_{s/g}$ .

J: A – 2,4,8; B – 1,6,7; D-3,5,9

10. Uglevodorodlarning ho‘llash shartlari:

- A. Qutbli qattiq sirtlarni ho‘llaydi;
- B. Qutbsiz qattiq sirtlarni ho‘llaydi;
- D. Istalgan sirtni ho‘llaydi;
- E. Qattiq sirtni amalda ho‘llamaydi.

J: D.

11. Sirtning dag‘alligi:

- A. Ho‘llanishni yaxshilaydi;
- B. Ho‘llanishni yomonlashtiradi;
- D. Ho‘llanishga ta’sir etmaydi;

E. Liofil sirtlar uchun yaxshi; liofob sirtlar uchun yomon ta'sir ko'rsatadi;

F. Liofob sirtlar uchun yaxshi; liofil sirtlar uchun yomon ta'sir ko'rsatadi.

J: E.

12. Sirt taranglik izotermasi bu qaysi parametrlar orasidagi bog'liqlik?

A.  $\sigma = f(c)$ ;

B.  $\sigma = f(c)$   $T = \text{const}$  bo'lganda;

D.  $\sigma = f(g)$   $T = \text{const}$  bo'lganda;

E. To'g'ri javob yo'q.

J: B.

13. Traube – Dyuklo qoidasi ... uchun to'g'ri:

A. SAMlarning yuqori konsentratsiyadagi sohalari uchun;

B. SAMlarning istalgan konsentratsiyalari uchun;

D. SAMlarning past konsentratsiyali sohalari uchun;

E. SAMlarning o'rtacha konsentratsiyali sohalari uchun.

J: D.

14. Uglevodorod radikalining uzunligi ortishi bilan SAMlarning qutbli erituvchilardan adsorbsiyasi ...

A. Ortadi;

B. Kamayadi;

D. O'zgarmaydi;

E. Maksimum orqali o'tadi.

15. Noto'g'ri javobni tanlang. Kolloid eritmalar:

A. Qog'oz filtrlardan o'tadi;

B. Dializga uchraydi;

D. Sedimentatsion barqaror;

E. Termodinamik barqaror.

J: Kolloid eritmalar – liofob dispers sitemalar bo'lib, dispers faza va dispersion muhit zarrachalari o'rtasidagi ta'sirlashuv kuchsiz ifodalangan, shuning uchun ular termodinamik beqarordir, ular o'z-o'zidan hosil bo'lmaydi va stabilizatorsiz mavjud bo'la olmaydi.

J: E.

16. Kolloid eritmalar olish sharoitida muhim emas:

A. Erimaydigan moddaning hosil bo'lishi;

- B. Reagentlardan birining mo‘l miqdorda olinishi;  
 D. SAMlarning ishtiroki;  
 E. Begona (yot, o‘zga) elektrolitlarning bo‘lmasligi.

J: D.

17.  $\{[\text{Fe}(\text{OH})_3]_m \cdot n \text{FeO}^+ \cdot (n-x)\text{Cl}^-\}^{x+} \cdot x\text{Cl}^-$  mitsellani tashkil etuvchi zarrachalarga mos keluvchi javoblarni tanlang:

1. Agregat; A.  $n \text{FeO}^+$ ;  
 2. Mitsellaning yadrosi; B.  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]_m$ ;  
 3. Potensial aniqlovchi ion; D.  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]_m \cdot n \text{FeO}^+$ ;  
 4. Adsorbsion qavatdagi qarama-qarshi zaryadli ionlar; E.  $x\text{Cl}^-$ ;  
 5. Diffuzion qavatning qarama-qarshi zaryadli ionlari; F.  $\{[\text{Fe}(\text{OH})_3]_m \cdot n \text{FeO}^+ \cdot (n-x)\text{Cl}^-\}^{x+}$ ;

6. Kolloid zarracha; G.  $(n-x)\text{Cl}^-$

J: 1B, 2D, 3A, 4G, 5E, 6F.

18. Dispers sistemalarning sedimentatsion barqarorligi...

- A.  $\varphi$  – potensial kattaligiga;  
 B.  $\zeta$  – potensial kattaligiga;  
 D. Zarrachaning radiusiga;  
 E. Yuqoridagi barcha omillarga bog‘liq.

J: D.

19. Kolloid eritmalarning agregativ barqarorligi...

- A. Elektrolit qo‘shilganda;  
 B. Harorat pasaytirilganda;  
 D. Eritma aralastirilganda;  
 E. SAM qo‘shilganda ortadi.

J: D.

20. Moslarini tanglang:

	Nomlanishi		Fizik ma‘nosi
1	Koagulyatsiya	A	Zarrachalarning elektr maydonida ko‘chishi
2	Peptizatsiya	B	Gelning zolga o‘tishi
3	Sedimentatsiya	D	Zolning gelga o‘tishi
4	Koalessensiya	E	Mayda tomchilarning qo‘shilishi
5	Elektroforez	F	Sentrifugada zarrachalarning cho‘kishi



J: 1D, 2B, 3F, 4E, 5A.

21. Moslarini tanlang:

1	Fazalar chegarasidagi potensial – bu...	A	Sirg'anish chegarasidagi potensial
2	Diffuzion qavat potensial – bu...	B	Adsorbsion va diffuzion qavatlar chegarasidagi potensial
3	Elektrokinetik potensial-bu...	D	Dispersion muhit bilan dispersion faza chegarasidagi potensial
4	Izoelektrik nuqta - bu...	E	Sekin koagulyatsiya tez koagulyatsiyaga o'tganidagi kolloid zarrachaning potensiali
5	Kritik $\zeta$ – potensial – bu ...	F	Koagulyatsiya boshlangan vaqtdagi kolloid zarrachaning potensiali

J: 1D, 2B, 3A, 4E, 5F.

22.  $As_2S_3$  zoli uchun indifferent elektrolitni ko'rsating:

A.  $NaNO_3$ ; B.  $KMnO_4$ ; D.  $CaCl_2$ ; E. barcha javoblar to'g'ri.

J: E.

23.  $AgI$  zoli uchun noindifferent elektrolitni ko'rsating:

A.  $KI$ ; B.  $AgNO_3$ ; D. hech qaysi elektrolit; E.  $KI$  va  $AgNO_3$ .

J: E.

24.  $AgNO_3$  ( $mo'l$ ) +  $KI = AgI\downarrow + KNO_3$  reaksiyasi natijasida olingan zolning koagulyatsiyasini qaysi ionlar chaqiradi?

A. Suv molekullari;

B. Kationlar;

D. Anionlar;

E. Kationlar va anionlar.

J: D.

25. Ionning zaryadi ortishi bilan uning koagullovchi ta'siri...

A. O'zgarmaydi;

B. Ortadi;

D. Kamayadi;

E. Har xil o'zgaradi.

J: B.

26. Manfiy zaryadli  $Mn(OH)_2$  zoli uchun quyidagi elektrolitlarning koagulyatsiya bo'sag'asi kichik bo'ladi?  
A.  $Na_2SO_4$ ; B.  $Ca(NO_3)_2$ ; D.  $K_4[Fe(CN)_6]$ ; D.  $AlCl_3$ .  
J: D.

27. Tez koagulyatsiyaning tezlik konstantasi...

- A. Muhitning qovushqoqligi va haroratga;
- B. Elektrolit konsentratsiyasiga va haroratga;
- D. Potensial baryer kattaligiga;
- E. Zolning tabiatiga va haroratga bog'liq.

J:A  $K = \frac{8RT}{3N_A \cdot \eta}$  ga muvofiq A-javob to'g'ri.

28. Koagulyatsiya turlari va elektrolitlar orasidagi mos keluvchilarni aniqlang:

- 1. Konsentratsion;
- 2. Neytralizasion;
- 3. Tez;
- 4. Sekin.

Elektrolitlar:

- A. Noindifferent elektrolit;
- B. Indifferent elektrolit;
- D. Erimaydigan birikma hosil qilib potensial belgilovchi ion bilan kimyoviy ta'sirlashadigan ion saqlovchi elektrolit;
- E. Zarrachaning  $\zeta$  – potensialini 30 mV gacha kamaytiruvchi istalgan elektrolit;
- F. Zarrachaning  $\zeta$  – potensialini 0 gacha kamaytiruvchi istalgan elektrolit;

J: 1B, 2A,D; 3F, 4E.

29. Yangi tayyorlangan bariy karbonat cho'kmasining kimyoviy peptizatsiyasini qaysi ion chaqiradi:

- A.  $CaCl_2$ ; B.  $BaCl_2$ ; D.  $NaCO_3$ ; E. HCl.

J: E.

30. Quyidagi kislotalardan qaysi biri suvning sirt tarangligini yuqori darajada kamaytiradi?

- A. Chumoli kislota;
- B. Sirka kislota;

D. Propion kislota;

E. Kislotalarning barchasi ham bir xil sirt taranglikka ega.

J: Dyuklo-Traube qoidasiga ko'ra suyultirilgan eritmalarda bir xil molyar konsentratsiyalarda gidrofob qismidagi metilen guruh ( -CH<sub>2</sub> -) bittaga ortganda SAMlarning sirt faolligi 3 ÷ 3,5 marta ortadi. Demak, to'g'ri javob D ya'ni propion kislota.

31. Faollangan ko'mir – gidrofob sorbent bo'lib;

A. Qutbsiz erituvchilardan qutbli moddalarni;

B. Qutbli erituvchilardan qutbsiz moddalarni;

D. Qutbli erituvchilardan qutbli moddalarni;

E. Qutbsiz erituvchilardan qutbsiz moddalarni yaxshi adsorbilaydi.

J: B

32. Berilgan moddalar orasidan sirt nofaol moddalarni tanlang:

A. NaOH; B. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> D. C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COONa; E. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F. CH<sub>3</sub>COOH

J: A,B,E.

33. Benzoldagi eritmadan silikagelga adsorbsiyasida natriy sterat silikagelga qaysi tomonidan yo'naladi?

A. gidrofob guruh tomonidan;

B. gidrofil guruh tomonidan;

D. karboksil guruh tomonidan;

E. hohlagan tomonidan.

J: Rebinder qoidasiga ko'ra to'g'ri javob B va D.

34. Berilgan ionlardan qaysi birining adsorbsion xususiyati yuqori?

A. K<sup>+</sup> B. Ca<sup>2+</sup> D. Al<sup>3+</sup> E. Adsorbsion xususiyatlari bir xil.

J: Ionlarning adsorbsiyalanuvchanligi ularning tabiatiga (zaryadiga, radiusiga, gidratlanish darajasga) bog'liq. Radiusi katta bo'lgan ion, kam solvatlanadi va yaxshi adsorbsiyalanadi. Ko'p zaryadli ionlar bir zaryadli ionlarga nisbatan (H<sup>+</sup> dan tashqari) yaxshi adsorbilanadi. Demak, to'g'ri javob Al<sup>3+</sup>.

35. Liofob kolloid eritmalar:

A. Stabilizatorlar ishtirokida barqaror;

B. Stabilizator bo'lmaganda barqaror;

D. Stabilizator ishtirokida beqaror;

E. Stabilizatorning ishtiroki ahamiyatga ega emas.

J: A.

36. NaCl ning koagulyatsiya bo'sag'asi ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) nikiga nisbatan katta. Zolning zarrachasi qanday zaryadlangan?

A. Musbat;

B. Manfiy;

D. Zaryadga ega emas;

E. Zaryadi 0 ga teng.

J: B.

37. AgI zoli KI miqdorda olinganda  $\text{AgNO}_3$  bilan KI larning o'zaro ta'sirlashuvidan hosil bo'lgan. Qaysi ion potensial belgilovchi ion bo'la oladi?

A.  $\text{Ag}^+$  B.  $\text{I}^-$  D.  $\text{K}^+$  E.  $\text{NO}_3^-$

J: B.

38. Elektroforez – bu...

A. Dispersion muhitga nisbatan dispersion fazaning siljishi;

B. harakatsiz dispers fazaga nisbatan dispersion muhitning siljishi;

D. Elektr maydonida ham dispersion muhitning ham dispers fazaning harakati;

E. Oqsillarni ajratish usuli.

J: A va E.

39. Qaysi komponentlar emulsiya hosil qila oladi?

A. Gazsimon muhit va suyuq zarracha;

B. Suyuq muhit va qattiq zarracha;

D. Qattiq muhit va gazsimon zarracha;

E. Suyuq muhit va suyuq zarracha.

J: E

40. Qaysilari gidrofob adsorbentlarga mansub:

A. Faollangan ko'mir;

B. Grafit;

D. Talk;

E. Tuproq;

F. G'ovak shisha.

J: A,B,D

41. Qaysilari gidrofil adsorbentlarga mansub:

- A. Faollangan ko'mir;
- B. Grafit;
- D. Silikagel;
- E. Rux;
- F. Tuproq.

J: D,F

42. Dispergirlash metodiga qaysilari kiradi?

- A. Tuman hosil bo'lishi;
- B. Peptizatsiya;
- D. Erituvchini almashtirish usuli;
- E. Ultratovush ta'siri.

J: B,E

43. Kolloid sistemalarning osmotik bosimi nimaga bog'liq?

- A. Molyar konsentratsiyaga;
- B. Qisman konsentratsiyaga;
- D. Zarrachalar o'lchamiga;
- E. Zarrachalar shakliga.

J: B

44. Kolloid sistemalarning buzilishi:

- A. Sedimentatsiya;
- B. Koagulyatsiya;
- D. Koalessensiya;
- E. Peptizatsiya.

J: B

45. Quyidagilarning qaysilari kolloid sistemalar olishning kondensatsion usuliga kiradi?

- A. Peptizatsiya;
- B. Erituvchini almashtirish usuli;
- D. Ultratovush ta'siri;
- E. Tutunning hosil bo'lishi.

J: B,E

### O‘z-o‘zini baholash testlari

1. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. Au - H<sub>2</sub>O (r = 5nm)
  - B. Kaolin – H<sub>2</sub>O (r = 20nm)
  - C. CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 15 mkm)
  - D. AgI - H<sub>2</sub>O (r = 130nm)
2. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. BaSO<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O
  - B. Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O
  - C. Ba<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O
  - D. BaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O
3. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. Lateks
  - B. AgI - H<sub>2</sub>O (r = 200mkm)
  - C. Tabiiy kauchuk – benzol
  - D. BaSO<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 20 mkm)
4. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 25 nm)
  - C. CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 10<sup>4</sup> sm)
  - B. CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 15 mkm)
  - D. CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 500 A<sup>0</sup>)
5. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. NaCl – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>
  - B. NaCl – H<sub>2</sub>O
  - C. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O
  - D. AgNO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O
6. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. Fe(OH)<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O
  - B. FeCl<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O
  - C. Fe(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O
  - D. Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O
7. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?
  - A. AgI – H<sub>2</sub>O (r = 30 nm)
  - B. Kaolin – H<sub>2</sub>O (r = 20 mkm)
  - C. Oltin – H<sub>2</sub>O (r = 0.05 nm)
  - D. CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 25 mkm)
8. Fe(OH)<sub>3</sub> zolining mitsellasini ko‘rsating
  - A.  $\left[ (mFe(OH)_3)nFe^{3+} 3(n-x)Cl^- \right]^+ 3xCl^-$
  - B.  $\left[ (mFe(OH)_3)nOH^- 3(n-x)Cu^{2+} \right] xCu^{2+}$
  - C.  $\left[ (mFe(OH)_3)nFe^+(n-x)Cl^- \right] xCl^-$
  - D.  $\left[ (mFe(OH)_3)nNa^+(n-x)Cl^- \right]^+ xCl^-$
9. Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> zolining mesellasini ko‘rsating
  - A.  $\left[ (mSb_2S_3)nS^{2-} 2(n-x)Na^+ \right] 2xNa^+$
  - B.  $\left[ (mSb_2S_3)nS^{2-} 2(n-x)K^+ \right] 2xK$

- C.  $\left[ (mSb_2S_3)nS^{2-} 2(n-x)Na^+ \right] 2xNa$
- D.  $\left[ (mSb_2S_3)nS^{2-} 2(n-x)Ca^+ \right] 2xCa$
10.  $MnO_2$  zolining mitsellasini ko'rsating
- A.  $\left[ (mMnO_2)nMnO_4^-(n-x)K^+ \right] xK^+$
- B.  $\left[ (mMnO_2)mMnO_4^-(m-x)K^+ \right] xK^+$
- C.  $\left[ (mMnO_2)nMnO_4(n-x)K^+ \right] nK^+$
- D.  $\left[ (mMnO_2)mMnO_4(n-x)MnO_4^+ \right] xMnO_4$
11.  $BaSO_4$  zolining mitsellasini ko'rsating
- A.  $\left[ (mBaSO_4)nBa^{2+} 2(n-x)Cl^- \right] 2xCl^-$
- B.  $\left[ (mBaSO_4)nBa^{2+} 2(n-x)NO_3^- \right] 2nNO_3^-$
- C.  $\left[ (mBaSO_4)nBa^{2+} 2(n-x)NO_3^- \right] 2xNO_3^-$
- D.  $\left[ (mBaSO_4)nBa^{2+} 2(n-x)NO_3^- \right] 2xNO_3^-$
12.  $AgI$  zolining mitsellasini ko'rsating
- A.  $\left[ (mAgI)nAg^+(n-x)NO_3^- \right] xNO_3^-$
- B.  $\left[ (mAgI)nAg^+(n-x)J^- \right] xJ^-$
- C.  $\left[ (mAgI)nBr^-(n-x)Na^+ \right] xNa^+$
- D.  $\left[ (mAgI)xAg^+(n-x)NO_3^- \right] xNO_3^-$
13.  $AgI$  zoli uchun qaysi modda stabilizator hisoblanadi?  
 A. KI    B.  $Na_2SO_4$     C.  $KNO_3$     D.  $AgBr$
14.  $Fe(OH)_3$  zoli uchun qaysi modda stabilizator hisoblanadi?  
 A.  $FeCl_3$     B.  $NaOH$     C.  $FePO_4$     D. KI
15.  $BaSO_4$  zoli uchun qaysi modda stabilizator hisoblanadi?  
 A.  $Na_2SO_4$     B.  $KNO_3$     C. KI    D.  $NaCl$
16.  $MnO_2$  zoli uchun qaysi modda stabilizator hisoblanadi?  
 A.  $KMnO_4$     B.  $Na_2SO_4$     C.  $KNO_3$     D.  $NaOH$
17.  $Sb_2Cl_3$  zoli uchun qaysi modda stabilizator hisoblanadi?  
 A.  $SbCl_3$     B.  $NaOH$     C.  $Na_2SO_4$     D.  $H_2S$

18. Kondensatsion usulda kolloid sistema olishda zarrachalar-ning o'lchami qanday o'zgaradi?  
 A. 0.5 nm – 30 nm    B. 2A – 300A  
 C. 500 nm – 50 nm.    D. 20 nm – 80 nm
19. Kondensatsion usul bilan kolloid sistema olishda zarrachalar o'lchami qanday o'zgaradi?  
 A. Ko'payadi    B. O'zgarmaydi  
 C. Kamayadi    D. Kamayadi, keyin o'sadi
20. Kondensatsion usul bilan kolloid sistema olishda boshlang'ich sistema qanday holatda bo'ladi?  
 A. Molekula agregati    B. Molekula  
 C. Ion    D. Makromolekula
21. Peptizatsiya usulda kolloid sistema olishda boshlang'ich sistema qanday holatda bo'ladi?  
 A. Suyuqlikdagi cho'kma    B. Giterogen sistema  
 C. Chin eritma    D. Gomogen sistema
22. Peptizatsiya usulda kolloid sistema olishda zarrachalarning o'lchami qanday o'zgaradi?  
 A. 400 nm – 30 nm    B. 20 nm – 80 nm  
 C. 200 nm – 0,1nm    D. 300 – 30 mkm
23. Kumush zolini qaysi usul bilan olish mumkin?  
 A. Peptizatsiya    B. Kondensatsiya  
 C. Qaytarilish reaksiyasi    D. Dispergatsiya
24. Fe(OH)<sub>3</sub> zolini qaysi usul bilan olish mumkin?  
 A. Kondensatsiya    B. Peptizatsiya  
 C. Qaytarilish reaksiyasi    D. Almashinish reaksiyasi
25. Kanifol zolini kondensatsion usulning qaysi metodi bilan olish mumkin?  
 A. Erituvchini almashtirish    B. To'g'ri kondensatsiya  
 C. Qaytarilish reaksiyasi    D. Almashinish reaksiyasi
26. MnO<sub>2</sub> zolini kondensatsion usulning qaysi metodi bilan olish mumkin?  
 A. Oksidlanish-qaytarilish    B. Erituvchini almashtirish  
 C. Qaytarilish reaksiyasi    D. To'g'ri kondensatsiya
27. Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> zolini qaysi usul bilan olish mumkin?  
 A. Kondensatsiya    B. O'z-o'zidan boradigan dispergatsiya  
 C. Peptizatsiya    D. Dispergatsiya



28. AgI zolini qaysi metod bilan olish mumkin?  
 A. Kondensatsiya B. Dispergatsiya  
 C. Peptizatsiya D. O‘z-o‘zidan boradigan dispergatsiya
29. Kolloid zarrachaning o‘lchami qanday bo‘ladi?  
 A.  $10^{-7}\text{sm} - 10^{-5}\text{sm}$  B.  $10^{-8}\text{sm} - 10^{-10}\text{sm}$   
 C.  $10^{-3}\text{sm} - 10^{-2}\text{sm}$  D.  $10^{-4}\text{sm} - 10^{-5}\text{sm}$
30. Nima uchun kolloid moddalar tozalanadi?  
 A. Quyi molekulyar aralashmalardan tozalash uchun  
 B. Dispers muhitni ajratish  
 C. Dispers faza zarrachalarini yiriklashtirish uchun  
 D. Stabilizator ta’sirini yo‘qotish uchun
31. Dializ usulida moddalarni tozalashda qaysi sharoit qo‘llanilishi kerak?  
 A. Yarim o‘tkazgich membrana  
 B. Qog‘oz filtrdan foydalanish  
 C. Elektr toki D. Bosim
32. Dializ o‘tkazishda qaysi asbobdan foydalaniladi?  
 A. Dializator B. Viskozimetr  
 C. Sedimentometr D. Analitik tarozi
33. Dializni tezlashtiradigan omillar.  
 A. Fazalar orasidagi sirtni oshirish  
 B. Sistemani konsentratsiyasini oshirish.  
 C. Sistemani suyultirish  
 D. Elektrolit qo‘shish
34. Zollarni elektrodializi nima?  
 A. Elektr toki ta’sirida dializ  
 B. Elektr maydinida zarrachalarning harakati  
 C. Elektr toki ta’sirida moddalarni ajratish  
 D. Elektr maydonida zarrachalarning cho‘kishi
35. Dializ usuli bilan kolloid moddalarni tozalashning mohiyati nimada?  
 A. Quyi molekulyar elektrolitlarni ajratish  
 B. Dispers muhitni ajratish  
 C. Dispers muhit va dispers fazani ajratish  
 D. Cho‘kmaga tushirish

36. Sedimentatsion analiz vaqtida Stoks tenglamasini qo‘llash vaqtida qanday sharoitni saqlash kerak?

- A. Zarrachalar chukish tezligi doimiy bo‘lishi kerak
- B. Zarrachalar assimetrik formaga ega bo‘lishi kerak
- C. Zarrachalar qattiq bo‘lishi kerak
- D. Zarrachalar o‘lchami  $< 1$  mkm bo‘lishi kerak

37. Suspenziyani sedimentatsion analiz qilish uchun qaysi asbobdan foydalanish kerak?

- A. Tarzion tarozi
- B. Stalagmometr
- C. Analitik tarozi
- D. Viskoziometr

38. Zollar uchun qaysi nisbat To‘g‘ri?

- A.  $\frac{i_c}{i_g} \ll 1$
- B.  $\frac{i_c}{i_g} = 1$
- C.  $\frac{i_c}{i_g} \gg 1$
- D.  $\frac{i_c}{i_g} > 1$

39. Sedimentatsiya nima?

- A. Og‘irlik kuchi ta‘sirida zarrachalarning cho‘kishi
- B. Elektr maydon ta‘sirida zarrachalarning cho‘kishi
- C. Issiqlik harakati natijasida cho‘kish
- D. Yopishqoqlik hisobiga zarrachalar o‘lchamining kattarishi

40. Suspenziyada dispers faza qanday agregat holatda bo‘ladi?

- A. Qattiq
- B. Suyuq
- C. Gaz holatda
- D. Plazma

41. Sedimentatsiya egriligi qaysi koordinatada quriladi?

- A.  $Q = f(\tau)$
- B.  $r = f(\tau)$

- C.  $\frac{\Delta Q}{\Delta r} = f(r)$
- D.  $r = f(Q)$

42. Qaysi sistema suspenziyaga misol bo‘la oladi?

- A. Suyuq dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema
- B. Suyuq dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema
- C. Gaz dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema
- D. Gaz dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema

43. Kolloid zarrachalarning bir-biriga tortilishi qaysi kuchlar ta‘siri ostida bo‘ladi?

- A. Zarrachalar orasida Van-der-Vals kuchlari ta‘sir etganda
- B. Tortishish elektr kuchlari ta‘siriga asoslangan
- C. Tortishish molekularning o‘zaro harakatiga, doimiy dipol momentiga – induksion effektiga asoslangan

D. Tortishish molekulalarning o'zaro harakatiga, dispersion kuchlarning o'zgaruvchan dipol momentiga asoslangan

44. Ochiq koagulyatsiya belgilari nimalardan iborat?

- A. Cho'kma hosil bo'lishi                      B. Loyqalanish  
C. Rangni o'zgarishi                              D. Qovushqoqligini o'zgarishi

45.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zoli va  $\text{FeCl}_3$  stabilizatori berilgan. Qaysi elektrolitlar uchun koagulyatsiya lahzasi kichik?

- A.  $\text{K}_2\text{SO}_4$    B.  $\text{KCl}$                       C.  $\text{K}_3\{\text{Fe}(\text{CN})_6\}$                       D.  $\text{CaCl}_2$

46. Berilgan birikmalardan qaysi biri lateks uchun stabilizator vazifasini bajaradi?

A. Kationli SAM –  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{NCl}$  – setil trimetil ammoniy xlorid

B. SAM-nonilfenoloksietil

C. Stearat K- $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$                       D.  $\text{KCl}$

47. Tez koagulyatsiya lahzasi nima?

A. Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng kam miqdordagi konsentratsiyasi.

B. Shunday elektrolit konsentratsiyasiki, natijada zarrachalarning bir-biriga to'qnashish ehtimolligi birga teng.

C. Shunday elektrolit konsentratsiyasiki, natijada koagulyatsiya tez sodir bo'ladi.

D. Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng ko'p miqdordagi konsentratsiyasi.

48.  $\text{AgI}$  zoli va  $\text{KI}$  stabilizatori berilgan. Qaysi elektrolitlar uchun koagulyatsiya lahzasi kichik?

- A.  $\text{K}_2\text{SO}_4$    B.  $\text{CsNO}_3$                       C.  $\text{LiNO}_3$                       D.  $\text{NaNO}_3$

49. Dispers sistemalarning fizik-kimyoviy mexanikasi nima?

A. Dispers sistemalarning struktur – mexanik xossalarini o'rganadi.

B. Dispers sistemalarning plastik xossalarini o'rganadi

C. Dispers sistemalarning fizikaviy xossalarini o'rganadi

D. Dispers sistemalarning strukturalar hosil bo'lishini o'rganadi

50. Reologiya haqida tushuncha

A. Vaqtga bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari haqidagi fan

B. Dispers sistemalar haqidagi fan

- C. Dispers sistemalarda struktura hosil bo'lishi haqidagi fan  
 D. Har xil jismlarning oqimini tekshiradigan fan
51. Dispers sistemalarning qanday tiplari mavjud?  
 A. Koagulyatsion va kondensatsion – kristallizatsion struktur  
 B. Emulsiya va suspenziya  
 C. Zollar va gellar  
 D. Erkin dispersli va bog'langan dispersli
52. Qanday oqim qovushqoq oquvchan deyiladi.  
 A. Kichik kuch ta'siri ostida o'z shaklini o'zgartiradigan oqim  
 B. Toza dispers sistemalarning oqimi  
 C. Katta kuch ta'sirida o'z shaklini vaqtga bog'liq holda o'zgartiradigan oqim  
 D. Suyuqliklarni oqimi
53. Bog'langan dispers sistema nima?  
 A. Zarrachalarning o'zaro bir-biri bilan ta'sirlanishi natijasida bo'shliq struktura hosil qiluvchi sistema  
 B. Dispers muhit zarrachalari dispers faza zarrachalari o'zaro birikmaydigan sistemalar.  
 C. Zarrachalarning dispers faza bilan aloqada bo'lmaydigan sistema  
 D. Zarrachalari dispers fazaga bog'liq bo'lmagan holda aralashadigan sistema
54. Bingam tenglamasi qanday ko'rinishga ega?  
 A.  $P = \eta \frac{du}{dx} + Q$                       B.  $\theta = \frac{nr^4 pt}{8vl}$   
 C.  $F = \theta \frac{du}{dx} S$                       D.  $P = \frac{F}{S} = \theta \frac{du}{dx}$
55. Tikotropiya nima?  
 A. Strukturalar hosil qilgan sistemaning (gelning) strukturalar hosil qilmagan sistemaga (zolga) izotermik aylanishi  
 B. Quruq gelda muhitning yo'tilishi  
 C. Gelning o'z-o'zicha ikki qavatga (suyuq eritma va zich gel qavatlariga) ajralishi  
 D. Tashqi ta'sir natijasida gel hosil bo'lishi
56. Sinerezis deb nimaga aytiladi?

A. Gelning o'z-o'zicha ikki qavatga (suyuq eritma va zich gel qavatlariga) ajralishi

B. Quruq gelda muhitning yo'tilishi

C. Tashqi ta'sir natijasida gel hosil bo'lishi

D. Strukturalar hosil qilgan sistemaning (gelning) strukturalar hosil qilmagan sistemaga (zolga) izotermik aylanishi

57. Kserogel deb nimaga aytiladi?

A. Quruq gel

B. Hidrofob gel

C. Liofel gel

D. Bo'kkan gel

58. Qaysi tenglama asosida suyuqlikning kuchlanish siljishi aniqlanadi?

$$A. P = \eta \frac{dU}{dx} = \frac{F}{S}$$

$$B. \theta = P - \eta^* \frac{dU}{dx}$$

$$C. \eta^* = \frac{P - \theta}{dU/dx}$$

$$D. v = \frac{\Pi r^4 P}{8\eta l} \tau$$

59. Koagulyatsiya tezligining omili

A. Elektrolit qo'shish

B. Stabilizator qo'shish

C. Aralastirish

D. Temperaturani ko'tarish

60. AgCl zoli va KCl stabilizatori berilgan. Qaysi elektrolitlar uchun koagulyatsiya kuchi kichik?

A. LiNO<sub>3</sub>

B. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

C. CsNO<sub>3</sub>

D. NaNO<sub>3</sub>

61. Zollar ultrafiltratsiyasi qanday o'tkaziladi?

A. Bosim ta'sirida

B. Sovutish natijasida

C. Kuchlanish ta'sirida

D. Qizdirish natijasida

62. Kolloid sistemalarning dializida kolloid zarrachalarning

o'lchami qanday bo'lishi kerak?

A. Zarracha o'lchami  $> 1A^0$

B. Zarracha o'lchami  $= 1A^0$

C. Zarracha o'lchami  $< 1A^0$

D. Zarracha o'lchami  $\approx 1A^0$

63. Kolloid sistemalarning dializida kolloid zarrachalarning

o'lchami qanday bo'lishi kerak?

A. Zarracha o'lchami  $\approx 1\text{mkm}$

B. Zarracha o'lchami  $< 1\text{mkm}$

C. Zarracha o'lchami  $= 1\text{mkm}$

D. Zarracha o'lchami  $> 1\text{mkm}$

64. Kolloid sistemalarning dializida kolloid zarrachalarning

o'lchami qanday bo'lishi kerak?

A. Zarracha o'lchami  $> 10^{-7}\text{sm}$

B. Zarracha o'lchami  $< 10^{-7}\text{sm}$

C. Zarracha o'lchami  $= 10^{-7}\text{sm}$

D. Zarracha o'lchami  $\approx 10^{-7}\text{sm}$

65. Elektrodializda qaysi asbob qo'llaniladi?

- A. Pauli dializatori                      B. Kyon elektroforezi  
C. Gitterf pribori                         D. Perran elektroosmometri

66. Suspenziyaning zarrachalar o'lchami nimaga teng?

- A.  $10^{-3} - 10^{-4}$  sm    B.  $10^{-5} - 10^{-27}$  sm  
C.  $10^{-5}$  sm                      D.  $10 - 30$  mkm

67. Suspenziya uchun qaysi tengsizlik xos?

- A.  $\frac{i_c}{i_g} > 1$     B.  $\frac{i_c}{i_g} \gg 1$     C.  $\frac{i_c}{i_g} \ll 1$     D.  $\frac{i_c}{i_g} \approx 0$

68. Sedimentatsion analizda suspenziyaning konsentratsiyasi nechaga teng bo'lishi kerak?

- A. 5%    B. 0,5-1%    S. 0,75%    D. 10%

69. Sedimentatsion analizda suspenziyaning radiusi qaysi formula bilan aniqlanadi?

- A.  $r = \sqrt{\frac{9rU}{2(\rho - \rho_0)g}}$                       B.  $r = K\sqrt{H/\tau}$   
C.  $r = \sqrt{H/\tau}$                                       D.  $r = K\sqrt{U}$

70. Sistemaning qaysi biri emulsiyaga misol bo'la oladi?

A. Dispers fazasi suyuqlik va dispers muhiti suyuqlik bo'lgan sistemalar

B. Dispers fazasi qattiq va dispers muhiti suyuqlik bo'lgan sistemalar

C. Dispers fazasi gaz va dispers muhiti suyuqlik bo'lgan sistemalar

D. Dispers fazasi suyuqlik va dispers muhiti gaz bo'lgan sistemalar

71. Monodispers sistemalarda zarrachalar qanday tezlik bilan cho'kadi?

- A.  $U = \frac{H}{\tau}$                                       B.  $U = \frac{2r^2}{9\eta}(\gamma - \gamma_0)g$

C. Cho'kma to'planish egri chizig'i bo'yicha

D. Zarrachalarning taqsimlash egri chizig'i bo'yicha

72. Sidementatsiya egri chizig'i qaysi koordinata bo'yicha chiziladi

A.  $Q = f(\tau)$

B.  $Q = f(r)$

C.  $\frac{dQ}{d\tau} = f(r)$

D.  $\frac{dQ}{2r} = f(r)$

73. Qaysi sistema suspenziyaga misol bo'la oladi?

A. Qunning suvdagi aralashmasi

B. AgJ zoli

C. Sut

D. Ko'pik

74. Berilgan tenglamalardan qaysi biri Reley tenglamasini ifodalaydi?

A.  $J_p = 9\pi \frac{\nu^2}{\lambda^4 x^2} * \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + n_2^2}\right)^2 \text{Sin}^2 \alpha J_0$

B.  $J_p = J_0 e^{-Kcd}$  C.  $J_p = K\nu^2 J_0$

D.  $J_p = \frac{24\pi^3}{\lambda^4} * \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + n_2^2}\right)^2 \nu V^2 J_0$

75. Nima uchun osmon havorang?

A. Yorug'likning qisqa to'lqinlari tarqalishi hisobiga

B. Atmosferani aerzollar bilan ifloslanishi natijasida

C. Havo atmosferasi zichligining flukuatsiyasi hisobidan

D. Yorug'likning uzun to'lqinlarining tarqalishi hisobiga

76. Suvning sinish ko'rsatkichi nimaga teng?

A. 1,33

B. 1

C. 10

D. 3,14

77. Kolloid zarrachalarning o'lchami qaysi asbob yordamida aniqlanadi?

A. Nefelometr

B. Kalorometriya

C. Optik mikroskop

D. Turbodimetriya

78. Elektroforez nima?

A. EYuK ta'sirida kolloid zarrachalarning harakati

B. EYuK ta'sirida kapillyarda suyuqliklarni harakati

C. Zarrachalarning chiqishi natijasida EYuK hosil bo'lishi.

D. Kapillyarda suyuqliklarni harakati natijasida EYuK hosil bo'lishi

79. SiO<sub>2</sub> zoli uchun neindifferent elektrolitni ko'rsating

A.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$       B.  $\text{FeCl}_3$       C.  $\text{AgNO}_3$       D.  $\text{H}_2\text{S}$

80. Kolloid sistema loyqalik qiymati nimaga teng?

A. 1/m      B. erg/sek      C. din/sek      D. nm

81. To'liqin uzunlig 450 nm bo'lganda  $I_T$  qiymati (optik nurning tarqalishi) zarrachaning o'lchami nechaga teng bo'lganda eng kichik bo'ladi?

A.  $r = 1 \text{ mkm}$       B.  $r = 30 \text{ nm}$       C.  $r = 10 \text{ nm}$       D.  $r = 150 \text{ nm}$

82. Sistemani suyultirish Z potentsialga qanday ta'sir ko'rsatadi?

A. Oshiradi      B. Ta'sir etmaydi  
C. Kamaytiradi      D. Barqarorlashtiradi

83. Qaysi formula elektrokinetik potentsialni ifodalaydi?

A.  $Z = \frac{4\pi UL}{\epsilon E} 300^2$       B.  $\delta = \frac{\epsilon}{4\pi\delta} \varphi_0$

C.  $Z = \frac{4\pi r U}{\epsilon H}$       D.  $Z = \frac{4\pi\delta r}{\epsilon}$

84. Loyqalanish va optik zichlik o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsating.

A.  $\tau = \frac{2.3D}{l}$

B.  $D = \ln \frac{J_0}{J_n}$

C.  $\tau = K\lambda^{-n}$

D.  $D = K\lambda^{-n}$

85. Tushayotgan nur intensivligi o'lchov birligi nima?

A. erg/seksm<sup>3</sup>      B. erg/sek  
C. din/sek.sm      D. erg/seksm<sup>2</sup>

86. Kolloid zarracha o'lchamini yorug'lik nuri uzunligi bilan qanday nisbatda bo'lganda yorug'likning tarqalishi kuzatiladi?

A.  $\lambda > r$       B.  $\lambda \approx 10r$       C.  $\lambda < r$       D.  $\lambda = r$

87. Kolloid zarrachalarning hajmi qaysi formula asosida aniqlanadi?

A.  $V = \frac{4}{3} \Pi r^3$

B.  $V = hl^2$

C.  $V = l^3$

D.  $V = \frac{RT}{P}$

88. Qaysi nurning to'liqin uzunligi katta?

A. Qizil      B. Sariq      C. Ko'k      D. Yashil



89. Qaysi nurning to'liqin uzunligi eng kichik?  
 A. Havorang B. Yashil C. Qizil D. Sariq
90. Kooloid zarrachaning hajmi 3 marta oshganda tarqalgan nurning intensivligi necha marta ortadi?  
 A. 9 marta B. 3 marta C. O'zgartirmaydi D. 6 marta
91. Berilgan muhitlardan qaysi birining sindirish ko'rsatkichi 1.33 ga teng  
 A. Suv B. Vakuum C. Benzin D. Gliserin
92. Elektroforez tezligi kolloid sistemaning qaysi xossasiga bog'liq?  
 A. Elektrokinetik potensial qiymatiga  
 B. Zarrachalar sirtidagi to'liq potensialga  
 C. Qovushqoqlikka  
 D. Kolloid zarrachalarning radiusiga
93. Indifferent elektrolit nima?  
 A. Elektrolit ionlaridan biri agregatning kristall panjarasini hosil qilmasa  
 B. Elektrolit ionlaridan biri agregatning kristall panjarasini hosil qilishi  
 C. Ioni mitsella tarkibiga kirmaydigan elektrolit  
 D. Potensial aniqlovchisi bo'lmagan elektrolit
94. Noindefferent elektrolit nima?  
 A. Elektrolit ionlaridan biri agregatning kristall panjarasini hosil qilishi  
 B. Elektrolit ionlaridan biri agregatning kristall panjarasini hosil qilmasa  
 C. Ioni mitsella tarkibiga kirmaydigan elektrolit  
 D. Potensial aniqlovchisi bo'lmagan elektrolit
95. AgI zoli uchun qaysi elektrolit noindefferent elektrolit hisoblanadi?  
 A. AgNO<sub>3</sub> B. KCl C. FeCl<sub>3</sub> D. KNO<sub>3</sub>
96. Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> zoli uchun qaysi elektrolit noindefferent elektrolit hisoblanadi?  
 A. H<sub>2</sub>S B. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> C. FeCl<sub>3</sub> D. AgNO<sub>3</sub>
97. Bedekkera – Freyndlix tenglamasini ko'rsating.

$$A. G = \beta C^{1/\Pi}$$

$$B. \alpha = aP^{\frac{1}{k}}$$

$$C. \alpha = \beta C^{\Pi}$$

$$D. T = a + \frac{I}{\Pi} C$$

98. Qaysi adsorbent organik kislotalarning suvli eritmalarini yaxshi adsorbsiyalaydi?

A. Ko'mir

B. Mis

C. Polimer

D. SiO<sub>2</sub>

99. Stalagmometr metodi bilan sirt taranglikni aniqlashda qaysi tenglamadan foydalanish mumkin.

$$A. V\rho g/n = 2\Pi r\delta$$

$$B. \Delta P_{\max} = 2\delta/r$$

$$C. Fk = 4\Pi r\delta$$

$$D. r(\rho' - \rho'')gH = 2\delta \cos \theta$$

100. Lengmyur tenglamasini ko'rsating.

$$A. G = a \cdot \frac{vP}{1 + vP}$$

$$B. \alpha = aP^{\frac{1}{k}}$$

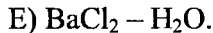
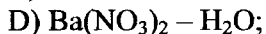
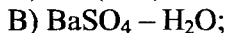
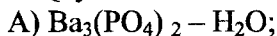
$$C. \alpha = \beta C^{\Pi}$$

$$D. G = \beta C^{1/\Pi}$$

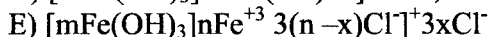
## O'z-o'zini baholash testlari

### 1-Variant

1. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?



2.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zolining mitsellasini ko'rsating.



3. Kondensatsion usul bilan kolloid sistema olishda zarrachalar o'lchami qanday o'zgaradi.

A) Kamayadi, keyin o'sadi;

B) O'zgarmaydi;

D) Kamayadi;

E) Ko'payadi.

4. Peptizatsiya usuli bilan kolloid sistema olishda boshlang'ich sistema qanday holatda bo'ladi?

A) Gomogen sistema;

B) Geterogen sistema;

D) Chin eritma;

E) Suyuqlikdagi cho'kma.

5. Kumush zolini qaysi metod bilan olish mumkin?

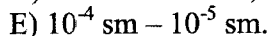
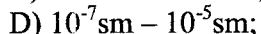
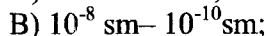
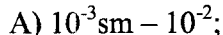
A) Kondensatsiya;

B) Peptizatsiya;

D) Qaytarilish reaksiyasi;

E) Dispergatsiya.

6. Kolloid zarrachalarning o'lchami qanday bo'ladi?



7. Sedimentatsion analiz vaqtida Stoks tenglamasini qo'llash vaqtida qanday sharoitni saqlanishi kerak?

- A) Zarrachalar cho'kish tezligi doimiy bo'lishi kerak.
- B) Zarrachalar asimmetrik formaga ega bo'lishi kerak.
- D) Zarrachalar qattiq bo'ladi.
- E) Zarrachalar o'lchami  $< 0,1$  mkm bo'lishi kerak.

8. Suspenziyani sedimentatsion analiz qilish qaysi asbobdan foydalanish kerak?

- A) Analitik tarozi;
- B) Stalagmometr;
- D) Torzion tarozi;
- E) Viskozimetr.

9. Zollar uchun qaysi nisbat to'g'ri?

A)  $\frac{i_c}{i_g} \ll 1$ ;

B)  $\frac{i_c}{i_g} = 1$ ;

D)  $\frac{i_c}{i_g} \gg 1$ ;

E)  $\frac{i_c}{i_g} > 1$ .

10. Qaysi sistema suspenziyaga misol bo'la oladi?

A) Suyuq dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema.

B) Suyuq dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema.

D) Gaz dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema.

E) Gaz dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema.

11. Dializ usuli bilan kolloid moddalarni tozalashning mohiyati nimada?

A) Dispers muhit va dispers fazani ajratish.

B) Dispers muhitni ajratish;

D) Quyi molekulyar elektrolitlarni ajratish;

E) Cho'kmaga tushirish.

12. Dializ usulida moddalarni tozalashda qaysi sharoit qo'llanilishi kerak?

- A) Qog'oz filtdan foydalanish;
- B) Yarim o'tkazgich membrana;
- D) Elektr toki;
- E) Bosim.

13. Dializ o'tkazishda qaysi asbobdan foydalaniladi?

- A) Analitik tarozi;
- B) Viskozimetr;
- D) Sedimentometr;
- E) Dializator.

14. Dializni tezlashtiradigan omillar.

- A) sistemani konsentratsiyasini oshirish;
- B) Fazalar orasidagi sirtini oshirish;
- D) Sistemani suyultirish;
- E) Elektrolit qo'shish.

15. Dializ jarayonini o'tkazishga vaqt qanday ta'sir ko'rsatadi?

- A) Tezlashtiradi;
- B) Yaxshilaydi;
- D) Susaytiradi;
- E) Me'yoriga keltiradi.

16. Kolloid zarrachalarning bir-biriga tortilishi qaysi kuchlar ta'siri ostida sodir bo'ladi?

- A) Zarrachalar orasida Van-der-Vaals kuchi ta'sir etganda;
- B) Tortishish elektr kuchlari ta'siriga asoslangan;
- D) Tortishish molekullarning o'zaro harakatiga, doimiy dipol momentiga-induksion effektiga asoslangan;

E) tortishish molekullarining o'zaro xarakatiga dispersion kuchlarning o'zgaruvchan dipol momentiga asoslangan.

17. Ochiq koagulyatsiya belgilari nimadan iborat?

- A) Loyqalanish;
- B) Cho'kma hosil qilish;
- D) Ko'pik o'zgarishi;
- E) Qovushqoqligining o'zgarishi.

18.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zoli va  $\text{FeCl}_3$  stabilizatori berilgan. Qaysi elektrolitlar uchun koagulyatsiya lahzasi kichik?

- A)  $\text{CaCl}_2$  ;
- B)  $\text{KCl}$ ;
- D)  $\text{K}_3(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ ;
- E)  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

19. Berilgan birikmalardan qaysi biri latek uchun stabilizator vazifasini bajaradi?

- A) SAM-ionilfenooksantin;
- B) Kationli SAM –  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{NCl}$  – setil trimetil ammoniy xlorid;
- D) Stearat K –  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$
- E)  $\text{KCl}$ .

20. Tez koagulyatsiya lahzasi nima?

- A) Shunday elektrolit konsentratsiyasini natijada koagulyatsiya sodir bo'ladi;
- B) Shunday elektrolit konsentratsiyasini natijada zarrachalarning bir-biriga to'qnashish ehtimolligi birga teng;
- D) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng kam miqdordagi konsentratsiyasi;

U) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng ko'p miqdori.

21. Dispers sistemalarning fizik-kimyoviy mexanikasi nima?

- A) Dispers sistemalarning struktur – mexanik xossalarini o'rganadi;

B) Dispers sistemalarning plastik xossalarini o'rganadi;

D) Dispers sistemalarning fizikaviy xossalarini o'rganadi;

E) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng ko'p miqdori.

21. Dispers sistemalarning fizik-kimyoviy mexanikasi nima?

- A) Dispers sistemalarning struktur – mexanik xossalarini o'rganadi;

B) Dispers sistemalarning plastik xossalarini o'rganadi;

D) Dispers sistemalarning fizikaviy xossalarini o'rganadi;

E) Dispers sistemalarda strukturalar hosil bo'lishini o'rganadi.

22. Reologiya haqida tushuncha.

A) Dispers sistemalarda struktura hosil bo'lishi haqidagi fan;

B) Dispers sistemalar haqida fan;

- D) Vaqtga bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari haqidagi fan;

E) Har xil jismlarning oqimini tekshiradigan fan.

23. Dispers sistemalar qanday tiplari mavjud?

A) Erkin dispersli va bog‘langan dispersli;

B) Emulsiya va suspenziya;

D) Zollar va gellar;

E) Koagulyatsion va kondensatsion –kristallizatsion strukturalar.

24. Qanday oqim qovushqoq oquvchan deyiladi?

A) Suyuqliklarning oqimi;

B) Toza dispers sistemalarning oqimi;

D) Katta kuch ta’sirida o‘z shaklini vaqtga bog‘liq holda o‘zgartiradigan omil;

E) Kichik kuch ta’siri ostida o‘z shaklini o‘zgartiradigan oqim.

25. Bog‘langan dispers sistema nima?

A) Dispers muhit zarrachalari dispers faza zarrachalari bilan o‘zaro birikmaydigan sistemalar;

B) Zarrachalarining o‘zaro bir-biri bilan ta’sirlanishi natijasida bo‘shliq strukturasi hosil qiluvchi sistema;

D) Zarrachalarning dispers faza bilan aloqada bo‘lmaydigan sistema;

E) Zarrachalari dispers fazaga bog‘liq bo‘lmagan holda aralashadigan sistema.

26. Suvning sinish ko‘rsatkichi nimaga teng?

A) 10;

B) 1;

D) 1,33;

E) 14.

27. Kolloid sistema loyqalik qiymati nimaga teng?

A)  $1/m$ ;

B) erg/sek;

D) din/sek;

E) nm.

28. Kolloid zarrachalar o‘lchami qaysi asbob yordamida aniqlanadi?

A) Ultramikroskop;

B) Nefelometr;

- D) Mikroskop;  
 E) Elektronmikroskop.
29. Elektroforez nima?  
 A) EYuK ta'sirida kolloid zarrachalarning harakati;  
 B) EDS ta'sirida kapillyarda suyuqliklarning harakati;  
 D) Zarrachalarning chiqishi natijasida EYuK hosil bo'lishi;  
 E) Kapillyardan suyuqliklarning xarakati natijasida EYuK ning hosil bo'lishi.
30. SiO<sub>2</sub> zoli uchun noindifferent elektrolitni ko'rsating.  
 A) FeCl<sub>3</sub>;  
 B) Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>;  
 D) AgNO<sub>3</sub>;  
 E) H<sub>2</sub>S.

### 2-Variant

1. Qaysi sistema kolloid sistema hisoblanadi?  
 A) CaCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O (r = 15 mkm);  
 B) Kaolin – H<sub>2</sub>O (r = 20 nm);  
 D) Oltin – H<sub>2</sub>O (r = 5 nm);  
 E) AgI – H<sub>2</sub>O (r = 30 nm).
2. Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> zolining mitsellasini ko'rsating.  
 A) [(mSb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)nS<sup>2-</sup>2(n-x)K<sup>+</sup>]<sup>-</sup>2xK;  
 B) [(mSb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)ns<sup>2-</sup>2(n-x)Na<sup>+</sup>]<sup>-</sup>2xNa<sup>+</sup>;  
 D) [(mSb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)nS<sup>2-</sup>2(n-x)Na<sup>+</sup>]<sup>-</sup>2xNa;  
 E) [(mSb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)nS<sup>2-</sup>2(n-x)Ca<sup>+</sup>]<sup>-</sup>2xCa.
3. Kondensatsion usul bilan kolloid sistema olishda zarrachalar o'lchami qanday o'zgaradi?  
 A) 20 nm – 90 nm;  
 B) 2 A – 300 A;  
 D) 200 nm – 80 nm;  
 E) 0,5 nm – 30 nm.
4. Peptizatsiya usuli bilan kolloid sistema olishda boshlang'ich sistema qanday holatda bo'ladi?  
 A) gomogen sistema;  
 B) Geterogen sistema;  
 D) Chin eritma;



- E) Suyuqlikdagi cho'kma.
5.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zolini qaysi metodi bilan olish mumkin?
- A) Kondensatsiya;  
 B) Peptizatsiya;  
 D) Qaytarilish reaksiyasi;  
 E) Almashinish reaksiyasi.
6. Nima uchun kolloid moddalarni tozalanadi?
- A) Dispers faza zarrachalarini yiriklashtirish uchun;  
 B) Dispers muhitni ajratish;  
 D) Quyi molekulyar aralashmalardan tozalash uchun;  
 E) Stabilizator ta'siri yo'qotish uchun.
7. Dializ usulida moddalarni tozalashda qaysi sharoit qo'llanilishi kerak?
- A) Qog'oz filtdan;  
 B) Yarim o'tkazgich membrana;  
 D) Elektr toki;  
 E) Bosim.
8. Dializ o'tkazishda qaysi asbobdan foydalaniladi?
- A) Analitik tarozi;  
 B) Viskozimetr;  
 D) Sedimentometr;  
 E) Dializator.
9. Dializni tezlashtiradigan omillar.
- A) Sistemani konsentratsiyasini oshirish;  
 B) Fazalar orasidagi sirtni oshirish;  
 D) Sistemani suyultirish;  
 E) Elektrolit qo'shish.
10. Dializ jarayonini o'tkazishga vaqt qanday ta'sir ko'rsatadi?
- A) Tezlashtiradi;  
 B) Yaxshilaydi;  
 D) Susaytiradi;  
 E) Me'yoriga keltiradi.
11. Kolloid zarrachalarning o'lchami qanday bo'ladi?
- A)  $10^{-3}\text{sm} - 10^{-2}$ ;  
 B)  $10^{-8}\text{sm} - 10^{-10}\text{sm}$ ;  
 D)  $10^{-7}\text{sm} - 10^{-5}\text{sm}$ ;

E)  $10^{-4}$  sm –  $10^{-5}$  sm.

12. Sedimentatsion analiz vaqtida Stoks tenglamasini qo'llash vaqtida qanday sharoitni saqlanishi kerak?

- A) Zarrachalar cho'kish tezligi doimiy bo'lishi kerak;
- B) Zarrachalar asiimetrik formaga ega bo'lishi kerak;
- D) Zarrachalar qattiq bo'lishi kerak;
- E) Zarrachalar o'lchami  $< 0,1$  mkm bo'lishi kerak.

13. Suspenziyani sedimentatsion analiz qilish uchun qaysi asbobdan foydalanish kerak?

- A) Analitik tarozi;
- B) Stalagmometr;
- D) Torzion tarozi;
- E) Viskozimetr.

14. Zollar uchun qaysi nisbat to'g'ri?

A)  $\frac{i_c}{i_g} \ll 1$ ;

B)  $\frac{i_c}{i_g} = 1$ ;

D)  $\frac{i_c}{i_g} \gg 1$ ;

E)  $\frac{i_c}{i_g} > 1$ .

15. Qaysi sistema suspenziyaga misol bo'la oladi?

A) Suyuq dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema.

B) Suyuq dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema.

D) Gaz dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema.

E) Gaz dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema.

16. Kolloid zarrachalarning bir-biriga tortilish qaysi kuchlar ta'siri ostida sodir bo'ladi?

A) Zarrachalar orasida Van-der-Vaals kuchi ta'sir etganda;

B) Tortilish elektr kuchlari ta'siriga asoslangan.

D) Tortishish molekullarning o'zaro harakatiga, doimiy dipol momentiga-induksion effektiga asoslangan.

E) Tortishish molekullarning o'zaro harakatiga dispersion kuchlarning o'zgaruvchan dipol momentiga asoslangan.

17. Ochiq koagulyatsiya belgilari nimadan iborat?

A) Loyqalanish;

B) Cho'kma hosil bo'lishi;

D) Rangning o'zgarishi;

E) Qovushqoqligining o'zgarishi.

18.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zoli va  $\text{FeCl}_3$  stabilizatori berilgan. Qaysi elektrolitlar uchun koagulyatsiya lahzasi kichik?

A)  $\text{CaCl}_2$  ;

B)  $\text{KCl}$ ;

D)  $\text{K}_3(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ ;

E)  $\text{K}_2\text{SO}_4$

19. Berilgan birikmalardan qaysi biri lateks uchun stabilizator vazifasini bajaradi?

A) SAM-nonilfenooksantin;

B) Kationli SAM –  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{NCl}$  – setil trimetil ammoniy xlorid;

D) Stearat K –  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$

E)  $\text{KCl}$ .

20. Tez koagulyatsiya lahzasi nima?

A) Shunday elektrolit konsentratsiyasi natijada koagulyatsiya tez sodir bo'ladi;

B) Shunday elektrolit konsentratsiyasiki, natijada zarrachalarning bir-biriga to'qnashish ehtimolligi birga teng.

D) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng kam miqdordagi konsentratsiyasi;

E) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng ko'p miqdori.

21. Suvning sinish ko'rsatkichi nimaga teng?

A) 10;

B) 1;

D) 1,33;

E) 14.

22. Kolloid sistema loyqalik qiymati nimaga teng?

- A) 1/m;
- B) erg/sek;
- D) din/sek;
- E) nm.

23. Kolloid zarrachalar o'lchami qaysi asbob yordamida aniqlanadi?

- A) Ultramikroskop;
- B) Nefelometr;
- D) Mikroskop;
- E) Elektronmikroskop.

24. Elektroforez nima?

- A) EYuK ta'sirida kolloid zarrachalarning harakati;
- B) EYuK ta'sirida kapillyarda suyuqliklarning harakati;
- D) Zarrachalarning chiqishi natijasida EYuK hosil bo'lishi;
- E) Kapillyardan suyuqliklarning harakati natijasida EYuK ning

hosil bo'lishi.

25. SiO zoli uchun noindifferent elektrolitni ko'rsating.

- A) FeCl<sub>3</sub>;
- B) Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>;
- D) AgNO<sub>3</sub>;
- E) H<sub>2</sub>S.

26. Dispers sistemalarning fizik-kimyoviy mexanikasi nima?

A. Dispers sistemalarning struktur-mexanik xossalarini o'rganadi;

- B) Dispers sistemalarning plastik xossalarini o'rganadi;
- D) Dispers sistemalarning fizikaviy xossalarini o'rganadi;
- E) Dispers sistemalarda strukturalar hosil bo'lishini o'rganadi.

27. Reologiya haqida tushuncha.

- A) Dispers sistemalarda struktura hosil bo'lishi haqidagi fan;
- B) Dispers sistemalar haqida fan;
- D) Vaqtga bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari

haqidagi fan;

E) Har xil jismlarning oqimini tekshiradigan fan.

28. Dispers sistemalar qanday tiplari mavjud?

- A) Erkin dispersli va bog'langan dispersli;
- B) Emulsiya va suspenziya;

D) Zollar va gellar;

E) Koagulyatsion va kondensatsion –kristallizatsion strukturalar.

29. Qanday oqim qovushqoq oquvchan deyiladi?

A) Suyuqliklarning oqimi;

B) Toza dispers sistemalarning oqimi;

D) Katta kuch ta'sirida o'z shaklini vaqtga bog'liq holda o'zgartiradigan omil;

E) Kichik kuch ta'siri ostida o'z shaklini o'zgartiradigan oqim.

30. Bog'langan dispers sistema nima?

A) Dispers muhit zarrachalari dispers faza zarrachalari bilan o'zaro birikmaydigan sistemalar;

B) Zarrachalarining o'zaro bir-biri bilan ta'sirlanishi natijasida bo'shliq strukturasi hosil qiluvchi sistema;

D) Zarrachalarning dispers faza bilan aloqada bo'lmaydigan sistema;

E) Zarrachalari dispers fazaga bog'liq bo'lmagan holda aralashadigan sistema.

### 3-Variant

1. AgI zoli uchun qaysi modda stabilizator hisoblanadi?

A)  $\text{KNO}_3$ ;

B) KI;

D)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

E) AgBr.

2.  $\text{MnO}_2$  zolining mitsellasini ko'rsating.

A)  $(m\text{MnO}_2)_m\text{MnO}_4(n-x)\text{MnO}_4^- + x\text{MnO}_4^-$ ;

B)  $(m\text{MnO}_2)_m\text{MnO}_4(m-x)\text{K}^+ \cdot x\text{K}^+$ ;

D)  $(m\text{MnO}_2)_m\text{MnO}_4(n-x)\text{K}^+ \cdot n\text{K}^+$ ;

E)  $(m\text{MnO}_2)_m\text{MnO}_4(n-x)\text{K}^+ \cdot x\text{K}^+$ .

3. Kondensatsion usul bilan kolloid sistema olishda zarrachalar o'lchami qanday o'zgaradi?

A) Kamayadi, keyin o'sadi ;

B) Kamayadi;

D) O'zgarmaydi ;

E) Ko'payadi.

4. Peptizatsiya usuli bilan kolloid sistema olishda boshlang'ich sistema qanday holatda bo'ladi?
- A) Gomogen sistema;
  - B) Geterogen sistema;
  - D) Chin eritma;
  - E) Suyuqlikdagi cho'kma.
5. Kanifol zolini qaysi metodi bilan olish mumkin?
- A) Kondensatsiya;
  - B) Peptizatsiya;
  - D) Qaytarilish reaksiyasi;
  - E) Almashinish reaksiyasi.
6. Dializ usuli bilan kolloid moddalarni tozalashning mohiyati nimada?
- A) Dispers muhit va dispers fazani ajratish.
  - B) Dispers muhitni ajratish;
  - D) Quyi molekulyar elektrolitlarni ajratish;
  - E) Cho'kmaga tushirish.
7. Dializ usulida moddalarni tozalashda qaysi sharoit qo'llanilishi kerak?
- A) Qog'oz filtrdan foydalanish;
  - B) Yarim o'tkazgich membrana;
  - D) Elektr toki;
  - E) Bosim.
8. Dializ o'tkazishda qaysi asbobdan foydalaniladi?
- A) Analitik tarozi;
  - B) Viskozimetr;
  - D) Sedimentometr;
  - E) Dializator.
9. Dializni tezlashtiradigan omillar.
- A) Sistemani konsentratsiyasini oshirish;
  - B) Fazalar orasidagi sirtini oshirish;
  - D) Sistemani suyultirish;
  - E) Elektrolit qo'shish.
10. Dializ jarayonini o'tkazishga vaqt qanday ta'sir ko'rsatadi?
- A) Tezlashtiradi;
  - B) Yaxshilaydi;

- D) Susaytiradi;
- E) Me'yoriga keltiradi.

11. Kolloid zarrachalarning o'lchami qanday bo'ladi?

- A)  $10^{-3}$  sm –  $10^{-2}$ ;
- B)  $10^{-8}$  sm–  $10^{-10}$  sm;
- D)  $10^{-7}$  sm –  $10^{-5}$  sm;
- E)  $10^{-4}$  sm –  $10^{-5}$  sm.

12. Sedimentatsion analiz vaqtida Stoks tenglamasini qo'llash vaqtida qanday sharoitni saqlanishi kerak?

- A) Zarrachalar cho'kish tezligi doimiy bo'lishi kerak;
- B) Zarrachalar asimetrik formaga ega bo'lishi kerak;
- D) Zarrachalar qattiq bo'lishi kerak;
- E) Zarrachalar o'lchami  $< 0,1$  mkm bo'lishi kerak.

13. Suspenziyani sedimentatsion analiz qilish uchun qaysi asbobdan foydalanish kerak?

- A) Analitik tarozi;
- B) Stalagmometr;
- D) Torzion tarozi;
- E) Viskozimetr.

14. Zollar uchun qaysi nisbat to'g'ri?

- A)  $\frac{i_c}{i_g} \ll 1$ ;
- B)  $\frac{i_c}{i_g} = 1$ ;
- D)  $\frac{i_c}{i_g} \gg 1$ ;
- E)  $\frac{i_c}{i_g} > 1$ .

15. Qaysi sistema suspenziyaga misol bo'la oladi?

A) Suyuq dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema.

B) Suyuq dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema.

D) Gaz dispers muhit va suyuq dispers fazadan iborat sistema.

- E) Gaz dispers muhit va qattiq dispers fazadan iborat sistema.
16. Kolloid zarrachalarning bir-biriga tortilish qaysi kuchlar ta'siri ostida sodir bo'ladi?
- A) Zarrachalar orasida Van-der-Vaals kuchi ta'sir etganda;  
 B) Tortishish elektr kuchlari ta'siriga asoslangan.  
 D) Tortishish molekulalarning o'zaro harakatiga, doimiy dipol momentiga-induksion effektiga asoslangan.  
 E) Tortishish molekulalarning o'zaro xarakteriga dispersion kuchlarning o'zgaruvchan dipol momentiga asoslangan.
17. Ochiq koagulyatsiya belgilari nimadan iborat?
- A) Loyqalanish;  
 B) Cho'kma hosil bo'lishi;  
 D) Rangning o'zgarishi;  
 E) Qovushqoqligining o'zgarishi.
18.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zoli va  $\text{FeCl}_3$  stabilizatori berilgan. Qaysi elektrolitlar uchun koagulyatsiya lahzasi kichik?
- A)  $\text{CaCl}_2$  ;  
 B)  $\text{KCl}$ ;  
 D)  $\text{K}_3(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ ;  
 E)  $\text{K}_2\text{SO}_4$
19. Berilgan birikmalardan qaysi biri lateks uchun stabilizator vazifasini bajaradi?
- A) SAM-nonilfenooksantin;  
 B) Kationli SAM –  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}(\text{CH}_3)_3\text{NCl}$  – setil trimetil ammoniy xlorid;  
 D) Stearat K –  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$   
 E)  $\text{KCl}$ .
20. Tez koagulyatsiya lahzasi nima?
- A) Shunday elektrolit konsentratsiyasi natijada koagulyatsiya tez sodir bo'ladi;  
 B) Shunday elektrolit konsentratsiyasiki natijada zarrachalarning bir-biriga to'qnashish ehtimolligi birga teng.  
 D) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng kam miqdordagi konsentratsiyasi;  
 E) Koagulyatsiya uchun elektrolitning eng ko'p miqdori.
21. Dispers sistemalarning fizik-kimyoviy mexanikasi nima?



- A. Dispers sistemalarining struktur-mexanik xossalarini o'rganadi;  
 B) Dispers sistemalarining plastik xossalarini o'rganadi;  
 D) Dispers sistemalarining fizikaviy xossalarini o'rganadi;  
 E) Dispers sistemalarda strukturalar hosil bo'lishini o'rganadi.

22. Re sistemalar haqida fan;  
 A) Bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari  
 B) Bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari  
 C) Bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari  
 D) Bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari  
 E) Bog'liq rivojlanuvchi deformatsiya protsesslari

23. Dispers sistemalar qanday tiplari mavjud?  
 A) Erkin dispersli va bog'langan dispersli;  
 B) Emulsiya va suspenziya;  
 C) Emulsiya va suspenziya;  
 D) Zollar va gellar;  
 E) Koagulyatsion va kondensatsion - kristallizatsion strukturalar.

24. Qanday oqim qovushqoq oquvchan deyiladi?  
 A) Suyuqliklarning oqimi;  
 B) Toza dispers sistemalarining oqimi;  
 C) Kichik kuch ta'sirida o'z shaklini vaqtga bog'liq holda o'zgartiradigan oqim;  
 D) Katta kuch ta'sirida o'z shaklini vaqtga bog'liq holda o'zgartiradigan oqim;  
 E) Kichik kuch ta'siri ostida o'z shaklini o'zgartiradigan oqim.

25. Bog'langan dispers sistema nima?  
 A) Dispers muhit zarrachalari dispers faza zarrachalari bilan o'zaro birikmaydigan dispers sistema nima?  
 B) Zarrachalarining o'zaro bir-biri bilan ta'sirlanishi natijasida bo'shliq strukturasi hosil qiluvchi sistema;  
 C) Zarrachalarining o'zaro bir-biri bilan ta'sirlanishi natijasida bo'shliq strukturasi hosil qiluvchi sistema;  
 D) Zarrachalarning dispers faza bilan aloqada bo'lmaydigan sistema;  
 E) Zarrachalari dispers fazaga bog'liq bo'lmagan holda aralashadigan sistema.

26. Suvning sinish ko'rsatkichi nimaga teng?  
 A) 10;  
 B) 1;  
 C) 1,33;  
 D) 1,33;

- E) 14.
27. Kolloid sistema loyqalik qiymati nimang?  
A) 1/m;  
B) erg/sek;  
D) din/sek;  
E) nm.
28. Kolloid zarrachalar o'lchami qaysi asbob yordam aniqlanadi?  
A) Ultramikroskop;  
B) Nefelometr;  
D) Mikroskop;  
E) Elektron mikroskop.
29. Elektroforez nima?  
A) EYuK ta'sirida kolloid zarrachalarning harakati;  
B) EDS ta'sirida kapillyarda suyuqliklarning harakati;  
D) Zarrachalarning chiqishi natijasida EYuK ning harakati;  
E) Kapillyardan suyuqliklarning xarakati natijasida EYuK ning harakati.
30.  $\text{SiO}_2$  zoli uchun noindifferent elektrolitni ko'rsating.  
A)  $\text{FeCl}_3$ ;  
B)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ;  
D)  $\text{AgNO}_3$ ;  
E)  $\text{H}_2\text{S}$ .

#### XIV. GLOSSARIY

- Absolyut harorat** – Selsiy shkalasi bo'yicha  $273^{\circ}\text{C}$  va absolyut nol dan boshlab hisoblanadigan harorat. Agar Selsiy shkalasi bo'yicha harorat  $t$  – bo'lsa, absolyut harorat  $T=273^{\circ}\text{C} + t$  bo'ladi.
- Absorber** – adsorbsiya jarayoni o'tkaziladigan asbob.
- Absorbsiya** – modda zarrachalarining (molekula, atom, ionlarning) ikkinchi modda ichiga yutilishi.
- Adgeziya** – turli xil tabiatga ega bo'lgan fazalar orasidagi fizik va kimyoviy kuchlar ta'siridagi o'zaro ta'sirlashuv. Adgeziya ishi ( $W_a$ ) – yuza birligidagi adgezion bog'ni uzish uchun bajariladigan ish:  $W_s = W_a \cdot S$ .
- Adsorbat** – hajmiy faza va sirt qavati o'rtasida qayta taqsimlanadigan modda (adsorbsiyada).
- Adsorbent** – adsorbsion sistema sirtida shakillanadigan kondensirlangan faza (q-s va q-g sistemalarda qattiq faza; s-s va s-g sistemalarda suyuq faza).
- Adsorber** – adsorbsiya jarayonida moddalarni yutuvchi modda. Adsorber ba'zan adsorbent ham deyiladi.
- Adsorbsion potensial** – adsorbent bo'lmagandagi suyuq adsorbat bilan muvozanatda bo'lgan 1 mol bug'ni adsorbent bilan muvozanatdagi bug' fazaga o'tkazishda bajarilgan ish.
- Adsorbsiya** – modda zarrachalarining (molekula, atom, ionlarning) ikkinchi modda yuzasiga yutilishi.
- Adsorbsiya izobarasi** – adsorbat bug'lari o'zgarmas bosimida adsorbsiya kattaligining temperaturagi bog'liqligi.
- Adsorbsiya izopiknasi** – adsorbat o'zgarmas konsentratsiyasida adsorbsiya kattaligining temperaturagi bog'liqligi.
- Adsorbsiya izosterasi** – o'zgarmas adsorbsiya kattaligida adsorbat konsentratsiyasining (parsial bosimining) temperaturagi bog'liqligi.
- Adsorbsiya izotermasi** – o'zgarmas temperaturada adsorbsiya kattaligining adsorbat konsentratsiyasi yoki parsial bosimiga bog'liqligi.
- Adsorbsiya mutlaq** – adsorbent sirt yuzasi yoki massa birligiga bog'ri keladigan sirt yuzasidagi adsorbat miqdori.
- Adsorbiv** – adsorblanuvchi, ya'ni yutiluvchi modda.

**Aerozollar** – gaz muhitda suyuqlik tomchilarining yoki qattiq modda zarracha-larining tarqalishidan hosil bo'lgan mikrogeterogen sistemalar.

**Agregativ barqarorlik** – kolloid (dispers) sistemalarning vaqt davomida disperslik darajasini ya'ni zarrachasining o'lchamini va individualligini o'zgartirmasdan saqlash xususiyati. Ion qobiq ya'ni qo'sh elektr qavatning mavjudligi; **qo'sh elektr qavat adsorbsion + diffuzion qavatlar**, erituvchining solvat (gidrat) qobig'ining mavjudligi (solvat qobiq qancha ko'p bo'lsa, kolloid eritma shuncha barqaror bo'ladi); granulaning  $\zeta$  – potensial kattaligi; harorat agregativ barqarorlik kriteriyalaridir.

**Agregatsiya** – dispers sistemada agregativ barqarorlik yo'qolganda dispers faza zarrachalarning yiriklashuvi natijasida agregatlanishi.

**Amfolit** – ionalmashinish adsorbsiyasida ham kation ham anionga almashinuvchi ionit (adsorbent).

**Amfoter sirt-faol modda** – molekulasida ham kislotali (odatda karboksil) guruh, ham asosli (odatda amin) guruh bo'lgan modda shuning uchun ham eritma pH ga bog'liq holda ular anionli SFM (pH>9), yoki kationli SFM (pH<4), yoki ionogenli SFM (pH=4-9) xossasini namoyon qiladi.

**Amorf holat** – moddalarning qattiq holati bo'lib, unda izotrop xossasi mavjuddir, ya'ni fizik xossalari, masalan: qisilish, issiqlik elektr o'tkazuvchanligi, optik xossalari barcha yo'nalishlarda bir bo'ladi, chunki bu holatda atom va molekular tartibsiz joylashgan.

**Amorf ko'mir** – disperslik darajasi juda yuqori bo'lgan grafit.

**Amorf moddalar** – kristallik tuzilishiga ega bo'lmagan kristallardan farqli o'laroq parchalanganda kristall qirralar hosil qilmaydigan, har xil yo'nalishda turli xil xossalarni namoyon qilmaydigan, aniq suyuqlanish haroratiga ega bo'lmagan modda. Amorf moddalarga silikat shisha, tabiiy va sun'iy smolalar, yelim boshqalar misol bo'ladi.

**Anionit** – ionalmashinish adsorbsiyasida anionlar bilan almashadigan ionit (adsorbent).

**Anionli sirt-faol modda** – eritmada sirt-faol modda anion bilan qilish bilan dissotsiatsiyalanadigan (masalan, karbon kislotalar tuzilishi) modda.

**Azeotrop aralashmalar** – o'zgarmas haroratda o'z tarkibini o'zgartirmay qaynaydigan aralashmalar. Azeotrop aralashmalar b

o'zgartirish bilan toza suyuqliklardan farq qiladi.

**Broun harakati** – issiqlik tabiatiga ega bo'lgan ultramikrogeterogen sistemada dispers faza zarrachalarini tartibsiz harakati.

**Dag'al dispers sistemalar** (suspensiya, emulsiya va ko'piklar) - bu sistemalarda dispers faza zarrachalarining o'lchami 100 nm dan katta ( $10^{-7}$  m yoki  $10^{-5}$  sm dan ortiq) bo'ladi. Bu sistema tiniqmas, qog'oz filtrdan va pergamentdan o'tmaydi, geterogen, yorug'likni sindirish va qaytarish xususiyatiga ega. Beqaror, tez o'zgaradi.

**Desorbsiya** - adsorbsiyaga teskari bo'lgan jarayon, ya'ni adsorbent yuzasiga yutilgan moddaning qaytadan ajralib chiqishi.

**Dializ** - yuqori molekullari birikmalarning kolloid sistemalari va eritmalaridan quyi molekullari aralashmalarni yarim o'tkazgich membrana orqali diffuziya yo'li bilan ajratib olish; bunda membrana o'lchami kichik bo'lgan molekula va ionlarni o'tkazib, kolloid zarrachalar, makromolekulalarni ushlab qoladi.

**Differensial ho'llanish issiqligi** - ma'lum miqdor zarrachalarni adsorblab olgan suyuqlik sirtiga cheksiz kam miqdor suyuqlik qo'shilganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdoridir. Differensial ho'llanish issiqligi doimo musbat qiymatga ega bo'ladi.

**Diffuziya** - issiqlik harakati ta'sirida sistemadagi molekula, ion yoki kolloid zarrachalar konsentratsiyalarining tenglashuviga olib keluvchi o'z-o'zicha boradigan jarayon. Diffuziya qaytmas jarayondir.

**Dispers faza** - dispers muhitda tarqalgan modda.

**Dispers sistemalar** - bir jinsli (dispers) muhitdagi biror jismning ko'p sonli mayda zarrachalarining (dispers faza) tarqalishidan hosil bo'lgan geterogen sistemalar. Dispers sistemalarda fazalar sirt chegaralari bilan ajralgan bo'ladi. Dispers sistemalar zarrachalarining o'lchamlariga (dispersligiga) qarab dag'al va nozik dispers sistemalarga bo'linadi.

**Dispersion analiz** – dispers faza zarrachalarining o'lcham bo'yicha taqsimlanishini o'rnatish (zarrachaning o'rtacha o'lchamini aniqlash).

**Disperslik** - dispers sistemalardagi biror modda zarrachalarining o'lchamlari (disperslik darajasi) tavsifi. Disperslik barcha zarrachalar umumiy sirtining jami hajmiga nisbati bilan ifodalanadi.

**Elektroforez** yoki **katoforez** - kolloid zarrachalarning tashqi elektr maydon ta'sirida harakat qilish hodisasi.

**Elektrokinetik potensial yoki dzeta potensial** - suyuqlik qattiq zarrachaga nisbatan yoki zarracha suyuqlikka nisbatan harakat qilganida qo'sh elektr qavatning adsorbsion va diffuzion qavatlari chegarasida hosil bo'ladigan potensial.

**Elektroosmos** - suyuqlikning elektr maydonida g'ovak jism orqali elektrodlar tomon harakat qilishi.

**Emulgator** - emulsiyalarning barqarorligini oshirish uchun ishlatiladigan stabilizatorlar.

**Emulsiya** - bir-birida erimaydigan, bir suyuqlikning ikkinchi suyuqlikda tomchilar ko'rinishida tarqalishidan hosil bo'lgan mikrogeterogen sistemalar.

**Emulsiyalarning agregativ barqarorligi** - dispers faza zarrachalarining o'lchamini vaqt davomida o'zgartirmasdan saqlay olish ya'ni, koalesensiyaga qarshi turish xususiyati.

**Faolmas sirt-faol modda** - fazalar sirti chegarasida adsorbsiyalanmaydigan va sirt taranglikni oshirmaydigan modda (noorganik kislotalar, tuzlar va asoslar).

**Faza** - kimyoviy tarkibi va fizikaviy xossalari bo'yicha termodinamik sistemaning bir jinsli bo'lgan qismi yoki termodinamik muvozanatda bo'lgan gomogen sistema bir fazali sistema, geterogen sistema esa bir necha fazali sistemadir yoki boshqacha aytganda geterogen sistemaning gomogen qismlari fazalar bo'lib, ular bir-biridan sirt chegaralari bilan ajralgan bo'ladi.

**Filtrat** - filtrlovchi to'siq orqali o'tgan mayda zarrachalari bor suyuq faza.

**Filtrlanish** - g'ovak muhitdagi gazlar va suyuqliklarning harakati.

**Filtrlash** - suspenziya va aerezollarni filtrlovchi to'siqlar yordamida dispersion muhit va dispersion fazaga ajratish jarayoni.

**Fizikaviy adsorbsiya** - fizikaviy tabiatdagi kuchlar chaqiradigan adsorbsiya.

**Gel** - kolloid eritmalarda kolloid zarrachalar o'zlari bilan oz miqdordagi erituvchi bilan cho'kkanda hosil bo'lgan iviq cho'kma.

**Gidrofil moddalar** - suv bilan ho'llanadigan moddalar. Hidrofil sirtli **moddalarga** kvarts, shisha, oksid va gidroksidlar, oksidlangan minerallar va boshqalar kiradi.

**Gidrofob jismlar** - suv bilan qattiq jism ho‘llanmaydi. Gidrofob sirtli **moddalarga** qattiq uglevodorodlar va ularning ftorli hosilalari, daraxtlarning barglari, hasharotlarning xitinli qoplamlari, tirik organizmlarning terilari kiradi.

**Haqiqiy eriydigan sirt-faol modda** – mitsella hosil qilmaydigan, ya’ni har qanday konsentratsiyada ham chin eritma hosil qiluvchi sirt-faol modda.

**Ho‘llanish va yoyilish** – qattiq jism va suyuqlik o‘rtasidagi adgezion ta’sirlashuv. Adgeziya va ho‘llanish tabiatda va texnologik jarayonlarda keng tarqalgan: turli materiallarni yelimplash, lak surtish, bo‘yash, bog‘lovchi moddalar asosida turli xil materiallar tayyorlash (rezina, beton, shisha plastiklar va boshqalar).

**Integral ho‘llanish issiqligi** – sirt birligiga x miqdor suyuqlik berilganida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori. Ayni sirt bilan qancha ko‘p miqdor suyuqlik o‘zaro ta’sirlashsa, shuncha ko‘p integral issiqlik ajralib chiqadi. 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** deyiladi.

**Ional mashinashli adsorbsiya** – adsorbent va eritma o‘rtasida kationlar yoki anionlarni almashinishi hisobiga boradi.

**Iviq yoki gel** - Kolloid zarrachalar orasida yoki polimerlarning makromolekulalari orasida molekulyar tutinish kuchlari ta’sir etishi tufayli ichki strukturalar hosil bo‘lishi natijasida o‘z oquvchanligini batamom yo‘qotgan sistema.

**Kapillyar kondensatlanish** - o‘z kritik temperaturasidan past temperaturada sorbsiya vaqtida gaz qattiq jism g‘ovaklarida kondensatlanib, suyuq holatga o‘tishi.

**Kationli sirt-faol modda** – eritmada sirt-faol modda kationi hosil qilish bilan dissotsilanadigan (masalan, to‘rtlamchi ammoniyli asoslarning tuzlari) modda.

**Kimyoviy adsorbsiya (xemosorbsiya)** – adsorbat va adsorbent o‘rtasida kimyoviy bog‘ hosil bo‘lishi bilan amalga oshadi.

**Kinetik barqarorlik** - bu dispers sistemalarning og‘irlik kuchi ta’siriga nisbatan barqarorligidir. Bu barqarorlik turi Broun harakati tufayli disperslangan zarrachalarning og‘irlik kuchiga qarshilik ko‘rsatish xususiyati yoki zoldan mitsellaning ajralishiga sabab bo‘ladigan markazdan qochuvchi kuchlar paydo bo‘lishi intensivlanish kuchayishi bilan tushuntiriladi.

**Ko'piklar** – dispersion muhiti yupqa plyonka ko'rinishidagi suyuqlik, dispersion fazasi gaz pufakchalari bo'lgan yuqori konsentrlangan dag'al dispers sistemalar.

**Koagullanish** - kolloid zarrachalarning katta agregatlarga birikish jarayoni.

**Koagulyant** - kolloid yoki dispers sistemaga qo'shilganda koagulyatsiya jarayonini yuzaga keltiruvchi modda.

**Koagulyat** - kolloid sistemaning beqarorlanishi natijasida tushgan dispers faza cho'kmasi.

**Koagulyator** - 1. koagulyat; 2. koagulyatsiya jarayonini o'tkazish uchun qo'llaniladigan asbob.

**Koagulyatsiya** - kolloid sistemadagi dispers faza zarrachalarining yiriklashib agregatlarga o'tishi.

**Koalessensiya** – emulsiyalarning alohida toza holdagi komponentlar ajratib to'liq buzilishi.

**Koaservatsiya** - YuMB eritmalarining harorati o'zgartirilsa yoki unga past molekulyar modda eritmasi qo'shilsa eritmaning konsentratsiyalari o'zaro farqlanuvchi ikki qavatga ajralishi.

**Kogeziya** – bir xil turdagi fazaga oid modda molekullari orasidagi o'zaro tortishish kuchlaridir.

**Kolloid eritmalar** (zollar) - Brown harakati jarayonida bir-biriga nisbatan erkin va mustaqil harakatlana oladigan dispers fazali zarrachalardan iborat suyuq kolloid sistemalar. Suvli dispers muhitdagi kolloid eritmalariga gidrozollar, organik dispers muhitiga ega organozollar deyiladi.

**Kolloid himoya** - kolloid eritmaning turg'unligini oz miqdorda difil moddalar eritmasini qo'shish yo'li bilan oshirish. Himoya qilish ta'sir mexanizmi bo'yicha kolloid zarrachaning atrofida yuqori molekulyar moddadan tuzilgan adsorbsion qobiqcha hosil bo'ladi. Suvli muhitda oqsillar, uglevodlar, pektinlar himoya qiluvchi modda bo'lib xizmat qilishi mumkin.

**Kolloid kimyo** - dispers sistemalar va sirt hodisalari haqidagi fan yoki sirt hodisa, dispers sistema va ularning fizik, kimyoviy hamda mexanik xossalari haqidagi fandir yoki yuqori dispers sistemalar va ularda boradigan jarayonlarni o'rganuvchi kimyo bo'limi.

**Kolloid sistemalar** - zarrachalarining o'lchami  $10^{-7}$ - $10^{-5}$  sm gacha bo'lgan dispers sistemalar. Dispers faza molekullari orasida kuchli



o'zaro ta'sirga ega kolloid sistemalarga liofil, kuchsiz o'zaro ta'sirli kolloid sistemalarga esa liofob kolloid sistemalar deyiladi.

**Kukunlar** - dispersion fazasi qattiq dispersion muhiti esa hava yoki boshqa gaz bo'lgan yuqori konsentrlangan dispers sistemalar.

**Mitsellyar massa** - mitselladagi barcha molekularning massalari yig'indisi.

**Monomolekulyar adsorbsiya** – adsorbent sirtida adsorbatning monoqavati hosil bo'lishi bilan boradigan adsorbsiya.

**Noionogen sirt-faol modda** – molekulasi eritmada dissotsilanmaydigan sirt-faol modda.

**Oltin soni** – 0,0006% li 10 sm<sup>3</sup> oltinning qizil zoliga 10% li 1 sm<sup>3</sup> NaCl eritmasi qo'shilganida uning ko'karishiga qarshi tura olishi uchun zarur bo'lgan YuMYu ning milligramm miqdori.

**Osmometr** - osmos bosimini o'lchash asbobi.

**Osmos** - erituvchining yarim o'tkazgich parda orqali o'z-o'zicha o'tish jarayoni yoki konsentrsiyalari turli bo'lgan ikki eritma orasida erituvchi molekularining yarim o'tkazgich membrana orqali bo'ladigan bir tomonlama diffuziyasi.

**Osmos bosimi** - erituvchidan o'tkazgich to'siq bilan ajratilgan eritmaning o'z konsentrsiyasini kamaytirishga intilishga osmotik bosim deyiladi, bu bosim eritma tomonidan osmos jarayonini to'xtatish uchun zarur bo'lgan ortiqcha tashqi bosimga teng.

**Panet-Fayans qoidasi** - kristall sirtida kristall (yadro) tarkibiga kiruvchi yoki izomorf ionlar yaxshi adsorbilanadi.

**Peptizatsiya** - Zolning koagulyatsiya mahsuloti (gel, iviqlar, cho'kmalar)ni qaytadan kolloid eritma holiga o'tkazish. Peptizatsiya tezligiga turli omillar (peptizatorning kimyoviy xossasi, konsentrsiyasi, cho'kmaning holati, uning miqdori, temperatura, aralashtirish tezligi, ultratovush, radiofaol nurlar va hokazolar) ta'sir etadi.

**Polimolekulyar adsorbsiya** – adsorbent sirtida adsorbatning poliqavati hosil bo'lishi bilan boradigan adsorbsiya.

**Reologiya** - jismlarning oqish va deformatsiyalanishining asosiy qonuniyatlarini nazariy va eksperimental o'rganadigan fan.

**Sedimentatsion analiz** – dispersion analiz usuli (dispers tarkibni aniqlash), uning asosida suyuq dispersion muhitda dispers faza zarrachalarining cho'kish tezligi bo'yicha zarrachalar o'lchamini aniqlash yotadi.

**Sedimentatsiya** - kolloid zarrachalarning og'irlik kuchi ta'siri ostida eritma tagiga cho'kishi.

**Sensibilizatsiya** - kolloid eritmaga YuMB qo'shilganida zolning koagulyatsiya bo'sag'asining pasayishi.

**Shuls-Gardi qoidasi** - turli zaryadli ionlarning koagullovdchi ta'siri ular ion zaryadlarining oltinchi darajasiga to'g'ri proporsional.

**Sinerezis** - Gelning o'z-o'zicha 2 qavatga (suyuq eritma va zich gel qavatlariga) ajralish jarayoni.

**Sirt faol moddalar (SFM)** - geterogen sistemalarga qo'shilganida fazalarning chegara qismida sirt taranglikni kamaytiradigan moddalar.

**Sirt faolligi** – berilgan temperaturada erituvchi sirt tarangligini kamaytirishga olib keluvchi moddaning qobiliyatini miqdoriy harakterlovchi parametrl.

**Sirt faollik** – erigan moddaning erituvchi sirt faolligini o'zgartirish xususiyati.

**Sirt-faol modda (SFM)** – molekulasida difil tuzilishga ega bo'lgan organik modda; adsorbsiya natijasida sirt (fazalararo) taranglikni kamaytiradi.

**Sirt-faol moddalar** - fazalarning chegara qismiga adsorbilanishi natijasida sirt taranglikni kamaytiradigan organik moddalar.

**Solishtirma adsorbilanish** - adsorbentning sirt yuzasi birligiga ( $1\text{m}^2$  ga) yutilgan moddaning gramm-molekula(mol) hisobidagi miqdori.

**Solyubilizatsiya** – SFM mitsellasida moddaning erish hodisasi. Solyubilizatsiya o'z-o'zidan boruvchi va qaytar jarayon. Suvli mitsellyar sistemalarda suvda erimaydigan moddalar, masalan, benzol, organik bo'yoqlar, yog'lar solyubilirlanadi. Bu shu bilan tushuntiriladiki, mitsella yadrosi qutbsiz suyuqlik xossasini namoyon qiladi.

**Suspensiya** - qattiq dispers faza va suyuq dispers muhitdan iborat dispers sistema (zarrachalar kattaligi  $10^{-8}\text{mm}$ ) yoki dispersion muhiti suyuq, dispersion fazasi qattiq bo'lib, dispers faza zarrachalarining o'lchami  $10^{-5}\text{sm}$  (100 nm) dan katta bo'lgan dispers sistemalar.

**Sust koagulyatsiya** - koagulyatsiya tezligi koagullovdchi elektrolit konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

**Tiksotropiya** - Strukturalar hosil qilgan sistemaning (gelning) strukturalar hosil qilmagan sistemaga (zolga) izotermik aylanishi:

ayratib olish. Iviq ↔ Eritma. Gelning zolga aylanish jarayoni silkitish, Tixotropik aralashtirish, ultratovush ta'siri natijasida sodir bo'ladi. Tixotropik o'zgarishlar vaqtida dispers faza zarrachalari o'zaro birikmaydi o'zlarining so'ng koagulyatsion strukturalariga o'z-o'zidan o'tishi. Mexanik buzilishlardan dastlabki strukturalariga o'z-o'zidan o'tishi. Tixotropiya mexanik ta'sirlashuvlar ta'sirida kechadigan qaytar jarayondir.

**Tuzlanish** - oqsillarni ularning suvli eritmalaridan tuz yo'shish yo'li bilan ajratib olish.

**Van-der-Vaals kuchlari** - 10–20 kJ/mol energiyaga ega bo'lgan molekullararo (atomlararo) ta'sir kuchlari.

**Xemosorbsiya** - modda geterogen sistemada bo'ladigan kimyoviy jarayon tufayli yutilaladi. Xemosorbsiya jarayonida yangi faza vujudga keladi. Xemosorbsiya ko'pincha qattiq orasidagi xemosorbsiya jarayonida Natron ohak bilan sulfat angidridi orasidagi xemosorbsiya jarayonida misol bo'la oladi. Xemosorbsiya odatda qaytmas jarayonlar sifatida kiradi. Bu holda adsorbsiyaning issiqlik effekti kimyoviy jarayonning hosil bo'lish issiqliklariga yaqin keladi.

**Absorbsiya** - sorbat molekullari bilan sorbentlar orasida kimyoviy aralashmalarni ajratish va tahlil qilish usuli.

**Agrografiya** - aralashmalarni ajratish va tahlil qilish usuli.

**Koagulyatsiyalanish vaqti** - zarrachalar agregatsiyasi natijasida dastlabki xususiy konsentratsiyaning ikki barobar oshishi uchun ketgan vaqt.

## ADABIYOTLAR

1. Holmberg K., Shah D. O., Schwuger M. J. Handbook of applied surface and colloid chemistry. – John Wiley & Sons, 2002. – V.1. – 606 p.
2. Duncan Shaw. Introduction to Colloid and Surface Chemistry (Fourth Edition). – 1992, Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-050910-5.50001-3>.
3. Jirgensons B., Straumanis M. E. A short textbook of colloid chemistry. – Elsevier, 2013.
4. Somorjai G. A., Li Y. Introduction to surface chemistry and catalysis. – John Wiley & Sons, 2010.
5. Ахмедов К.С., Рахимов Х.Р. Коллоид химия (2-наш Тошкент: Ўқитувчи, 1992.
6. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: У Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. 1974.
7. Григоров О.Н. Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии. Л.: 1984.
8. Ахмедова М.А. Коллоид кимё фанидан лабораториялардаги услубий кўрсатма. Тошкент: машфулотлари. 2005.
9. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы нанодисперсного кристаллообразования. Академикнига, 2006.
10. Пул Ч., Оуэнс Ф. Мир материи. Техносфера, 2004.
11. Сумм Б.Д., Иванова Н.Р. Химия в нанотехнологиях. М.: Институт комплексных проблем нанотехнологий, 2004.
12. Манделъброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт комплексных проблем нанотехнологий, 2004.
13. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. М.: Химия, 1982.

15. Методические разработки к лабораторным работам по коллоидной химии. Шпилевская И.Н., Погорельский К.В. Ташкент, 1985.
16. Рахимова К.М., Джалилова И.Ш., Набихўжаев С. Коллоид химиядан практикум. Услубий кўрсатма. Тошкент, 1988.
17. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: МГУ, 2003.
18. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М.: БИНОМ. Лаб.знаний. 2005.
19. И.П. Суздаев. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: Комкнига. 2006. 592 с.

# MUNDARIJA

<b>SO‘ZBOSHI</b> .....	3
<b>I. KOLLOID KIMYO FANINING PREDMETI VA VAZIFALARI</b> .....	4
1.1. “Kolloid kimyo” fanining predmeti va uning rivojlanish tarixi .....	4
1.2. Kolloid kimyo fanining asosiy muammolari va vazifalari .....	6
1.3. Polimerlar eritmalarining o‘ziga xos xususiyatlari .....	8
1.4. Kolloid kimyoning ahamiyati .....	10
1.5. Dispers sistemalarning tasnifi .....	11
1.5.1. Fazalarning agregat holatiga ko‘ra sinflanishi .....	12
1.5.2. Disperslik darajasiga ko‘ra klassifikatsiyalanishi .....	13
1.5.3. Zarrachalarning o‘lchamiga ko‘ra dispers sistemalarning sinflanishi .....	13
1.5.4. Dispers faza va dispersion muhitning ta’sirlashuviga ko‘ra klassifikatsiyasi .....	15
1.5.5. Zarrachalararo ta’sirlashuvga ko‘ra klassifikatsiyalanishi .....	16
1.5.6. Kolloid sistemalarning ichki struktura (tuzilishlar) turiga qarab klassifikatsiyasi .....	17
1.5.7. Dispers sistemalarning miqdoriy xarakteristikasi .....	18
<b>II. SIRT HODISALARI VA ADSORBSIYA</b> .....	23
2.1. Suyuqliklarning sirt tarangligi va to‘liq sirt energiya .....	23
2.1.1. Sirt energiyaning tabiati .....	23
2.1.2. Sirt taranglik .....	25
2.1.3. Sirt hodisalar termodinamikasi .....	26
2.1.4. Sirt taranglikni o‘lchash usullari .....	33
2.2. Kogeziya va adgeziya .....	36
2.3. Qattiq jism sirtining suyuqlik bilan ho‘llanishi .....	40
2.4. Kapillyar hodisalar .....	47
2.4.1. Kapillyar bosim va uning ahamiyati .....	50
2.5. Adsorbsiya .....	56
2.5.1. Adsorbilanish haqidagi umumiy tushunchalar .....	56
2.5.2. Adsorbsion muvozanat. Adsorbsiya issiqligi .....	59
2.5.3. Adsorbsiyaning sabablari .....	62
2.5.4. “Suyuq eritma - Gaz” chegarasidagi adsorbsiya .....	63
2.5.5. Gibbs tenglamasi .....	64
2.6. Sirt faollik. Dyuklo Traube qoidasi .....	68
2.7. Qattiq jism sirtidagi adsorbsiya .....	72
2.7.1. Gaz va bug‘larning qattiq jism sirtiga adsorbsiyasi .....	73
2.7.2. Lengmyurning monomolekulyar adsorbsiya nazariyasi .....	75

2.7.3. Freyndlix tenglamasi .....	80
2.7.4. Polyanining polimolekulyar adsorbsion nazariyasi .....	84
2.8. Eritmalardan ionlar adsorbsiyasi .....	88
2.8.1. Eritmalardan adsorbsiya .....	88
2.8.2. Ionlar adsorbsiyasi. Adsorbsiyaning tanlanuvchanligi .....	91
2.8.3. Ion almashinish adsorbsiyasi .....	97
2.9. Xromatografiya .....	102

### **III. DISPERS SISTEMALARNING OLINISHI VA TOZALASH**

<b>USULLARI</b> .....	106
3.1. Kolloid sistemalar olinishining dispertsiya usullari .....	107
3.2. Kolloid sistemalarni olinishning kondensatsiya usullari .....	113
3.3. Kolloid zarrachalarning tuzilishi haqidagi mitsellyar nazariya .....	119
3.4. Mitsella tuzilishining hozirgi zamon modeli .....	121
3.5. Dispergatsiya usulining tabiat, texnika va kimyoviy ishlab chiqarishdagi ahamiyati .....	124
3.6. Kolloid eritmalarni tozalash usullari (dializ, elektrodializ, ultrafiltrlash) .....	125

### **IV. KOLLOID SISTEMALARNING ELEKTR XOSSALARI** .....

4.1. Elektroforez va elektroosmos. Elektrokinetik hodisalarning ahamiyati .....	130
4.2. Elektrokinetik hodisalar .....	136
4.3. Qo'sh elektr qavatning tuzilishi .....	137
4.4. Dzeta potensialni aniqlash usullari .....	148

### **V. KOLLOID ERITMALARNING OPTIK XOSSALARI VA**

<b>TEKSHIRISH USULLARI</b> .....	153
5.1. Kolloid eritmalarning optik xossalari .....	153
5.2. Ultramikroskopiya, elektron mikroskopiya, rentgenografiya, elektronografiya .....	156

### **VI. DISPERS SISTEMALARNING MOLEKULYAR –KINETIK**

<b>XOSSALARI</b> .....	165
6.1. Diffuziya .....	166
6.2. Broun harakati .....	169
6.3. Osmotik bosim .....	171
6.4. Sedimentatsiya .....	173
6.5. Donanning membrana muvozanati .....	174

<b>VII. KOLLOID ERITMALARNING AGREGATIV BARQARORLIGI. KOAGULYATSIYA</b> .....	182
7.1. Kolloid eritmalarning agregativ barqarorligi .....	182
7.2. Koagulyatsiya .....	186
7.3. Koagulyatsiya qoidasi .....	192
7.4. Elektrolitlar bilan koagullash kinetikasi .....	194
7.5. Tez koagulyatsiya .....	196
7.6. Liofob zollarning barqarorlik omillari .....	197
7.7. Liofob zollarning barqarorlik omili – DLFO nazariyasi .....	198
7.8. Elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiya turlari .....	199
7.8.1. Konsentratsion va neytrallovchi koagulyatsiya .....	199
7.8.2. Elektrolitlar aralashmasi ta'siridagi koagulyatsiya .....	201
7.9. Kolloid himoya .....	202
<b>VIII. LIOFIL SISTEMALAR</b> .....	205
8.1. Sedimentatsion analiz .....	205
8.2. Dispers sistemalarning strukturlanishi .....	208
8.3. Kondensatsion – kristall strukturalar .....	209
8.4. Dispers sistemalarning struktur – mexanik xossalari .....	211
<b>IX. KOLLOID SIRT FAOL MODDALAR</b> .....	221
9.1. Kolloid sirt faol moddalar klassifikatsiyasi .....	221
9.2. SFM larning sirt hodisalari .....	222
9.3. O'z o'zidan mitsella hosil qilish qobiliyati .....	229
9.4. Solyubilizatsiya .....	231
9.5. Mitsella hosil bo'lishining kritik konsentratsiyasi .....	232
<b>X. YUQORI MOLEKULAR BIRIKMALAR ERITMALARI</b> .....	238
10.1. Yuqori molekular birikalarning klassifikatsiyasi .....	238
10.2. YuMB lar xarakteristikasi .....	238
10.3. YuMB eritmalarining barqarorligi .....	242
10.4. YuMB eritmalari osmotik bosimi .....	243
10.5. YuMB eritmalarning qovushqoqligi .....	246
10.6. YuMB ning bo'kishi va erishi .....	250
10.7. YuMB erishining termodinamikasi .....	254
10.8. YuMB eruvchanligiga molekular massa, erituvchi tabiati va temperaturaning ta'siri .....	258
10.9. Polielektrolitlar va ularning xossalari .....	259
10.10. Oqsillarning tuzilishi .....	261
10.11. Iviq hosil bo'lishi .....	268



<b>XI. MIKROGETEROGEN SISTEMALAR. SUSPENZIYALAR</b> .....	271
11.1. Suspenziya .....	271
11.2. Mikrogeterogen sistemalarda sedimentatsion analiz .....	274
11.3. Monodispers kukunlarning sedimentatsion analizi .....	275
11.3. Emulsiya .....	278
11.4. Emulsiyalarning agregativ barqarorligi .....	282
11.5. Koalessensiya .....	284
11.6. Ko'piklar .....	284
11.7. Aerozollar .....	288
11.8. Kukunlar .....	293
11.9. Mikrogeterogen sistemalarning umumiy xossalari .....	295
<b>XII. NANOKIMYODA KOLLOID KIMYO MANBAALARI VA USULLARI</b> .....	297
12.1. Ultradispers sistemalar .....	299
12.2. Ultradispers sistemalarning hosil bo'lishi .....	302
12.2.1. Zollarni olish .....	302
12.2.2. Mitsilyar sistemalarning hosil bo'lishi .....	304
12.2.3. Mikroemulsiyalarning hosil bo'lishi .....	307
12.2.4. Qattiq zarrachalarning mikroemulsiyalarda hosil bo'lishi .....	308
12.2.5. Mono va polimolekulyar qavatlarning olinishi .....	311
12.3. Ultradispers zarrachalarning tuzilishi va shakli .....	312
12.4. Nanokimyoda kolloid kimyoning nazariy tamoyillari .....	314
12.5. Kolloid strukturalarning o'z o'zidan hosil bo'lishi .....	323
<b>XIII. KOLLOID KIMYODAN TESTLAR</b> .....	331
<b>XIV. GLOSSARIY</b> .....	369
<b>ADABIYOTLAR</b> .....	378

47.900 e

N. I. Fayzullayev., N. Q. Muxamadiyev

# KOLLOID KIMYO

(5140500 – Kimyo bakalavri ta'lim yo'nalishi  
talabalari uchun darslik)

<i>Muharrir:</i>	<i>A. Tilavov</i>
<i>Texnik muharrir:</i>	<i>Yu. O'rinov</i>
<i>Badiiy muharrir:</i>	<i>I. Zaxidova</i>
<i>Musahhah:</i>	<i>S. Bozorova</i>
<i>Dizayner:</i>	<i>Yu. O'rinov</i>

Nash.lits. № AI 245. 02.10.2013.

Terishga 01.11.2016-yilda berildi. Bosishga 05.01.2017-yilda ruxsat etildi.

Bichimi: 60x84 1/16. Ofset bosma. «Times» garniturasi. Shartli b.t. 22,4.

Nashr b.t. 20,8. Adadi 300 nusxa. Buyurtma №112.

Bahosi shartnoma asosida.

«Sano-standart» nashriyoti, 100190, Toshkent shahri,  
Yunusobod-9, 13-54. e-mail: sano-standart@mail.ru

«Sano-standart» MCHJ bosmaxonasida bosildi.  
Toshkent shahri, Shiroq ko'chasi, 100-uy.  
Telefon: (371) 228-07-94, faks: (371) 228-07-95.