

ХЕМИЈА НА ПОВРШИНИТЕ

ТЕОРИСКИ ОСНОВИ

Познато е дека под **систем** се подразбира дел од природата кој е одделен од својата околина со определени граници. Ако, во рамките на вака дефиниранiot систем, постојат делови што се карактеризираат со различни својства (или својства што скоковито се изменуваат на определена граница во рамките на системот) се вели дека системот е **хетероген**, а ако својствата се еднакви или континуирано се менуваат низ целиот систем, станува збор за **хомоген систем**. Хомогените потсистеми во рамките на еден хетероген систем кои едни од други се одвоени со гранични површини, се нарекуваат **фази** на хетерогениот систем.

Инаку, според бројот на компонентите во системот, системите се делат на *еднокомпонентни*, *двокомпонентни*, *трикомпонентни* и *повеќекомпонентни*. Овие поими поподробно се обработени во *Практикум по физичка хемија I* и *физичка хемија II*.

Кога честичките од едната компонента се диспергирани (распределени) низ другата компонента, велиме дека станува збор за **дисперзен систем**.

Во зависност од големината на диспергираните честички, како и според можноста за нивно набљудување, дисперзните системи се делат на:

- грубо-дисперзни
- колоидно-дисперзни и
- молекуларно-дисперзни системи

Оваа поделба е направена условно, поради тоа што строги граници за големината на честичките на диспергираната супстанца (**диспергираната фаза**) низ другата компонента од системот (**дисперзната средина**) не може да се постават. Обично се зема дека големината на честичките кај грубо-дисперзните системи изнесува над 100 nm (честичките се гледаат со голо око или со обичен микроскоп), колоидно-дисперзните системи имаат честички со големина од 1 до 100 nm (тие не се гледаат со голо око, ниту со обичен микроскоп, туку само со т.н. ултрамикроскоп¹), а молекуларно-дисперзните сис-

¹ Ултрамикроскоп е уред во кој осветлувањето е нормално на оската на тубусот на микроскопот, а не паралелно со неа (како кај обичните микроскопи). Со него се гледаат дифракционите ликови на колоидните честички.

теми имаат честички кои се помали од 1 nm и не се гледаат ниту со ултра-микроскоп. Последниве системи обично се нарекуваат **вистински (молекуларни) раствори** или едноставно, **раствори**. Првите два вида системи се хетерогени, а молекуларно-дисперзните – хомогени системи.

Грубо-дисперзните системи, во зависност од агрегатната состојба на дисперзната средина и диспергираната фаза, може да се појават во повеќе облици од кои најчести се: суспензија, емулзија, пена, чад и магла. Во грубо-дисперзни системи спаѓаат и некои скапоцени камења, особено оние што се обоени, макар што основната минерална супстанца е безбојна¹. Во следната табела е дадена агрегатната состојба на дисперзната средина и диспергираната фаза при формирањето на споменатите грубо-дисперзни системи.

Микрохетероген систем	Суспензија	Емулзија	Пена	Скапоцени камења	Чад	Магла
Дисперзна средина	течна	течна	течна, цврста	цврста	гас	гас
Диспергирана фаза	цврста	течна	гас	цврста	цврста	течна

КОЛОИДНО-ДИСПЕРЗНИ СИСТЕМИ

Колоидно-дисперзните системи² честопати се нарекуваат колоидни раствори, макар што тие, всушност, не се *раствори* во вистинската смисла на зборот. Имено, вистинските раствори се *хомогени* системи, а колоидно-дисперзните системи се *хетерогени* системи. Честички на диспергираната супстанца кај вистинските раствори се молекули или јони, додека кај колоидните системи диспергираните честички се молекуларни *агрегати* чијашто големина, како што веќе беше кажано, е од околу 1 до приближно 100 nm. Големината на диспергираните честички, всушност, е главната причина што колоидно-дисперзните системи покажуваат некои својства што ги приближуваат до грубо-дисперзните системи, од една страна, и вистинските раствори, од друга, но и такви што ги разликуваат од нив.

¹ Во многу случаи на обоени скапоцени камења се работи за *колоидно-дисперзни*, а не за *грубо-дисперзни* системи.

² Заради едноставност, во натамошниот текст, наместо *колоидно-дисперзен систем* ќе биде користен и терминот *колоиден систем*.

Методи за добивање на колоидни системи

Во основа, постојат два типа методи за добивање на колоидни системи: дисперзионите методи и кондензационите методи.

Дисперзионите методи

Дисперзионите методи се базираат на ситнење на веќе добиени покрупни честички. Ситнењето може да се одвива на повеќе начини и тоа со:

- **механички методи**, при што се ползуваат т. н. колоидни мелници;
- **електрични методи**, при што ситнењето на честичките се врши со помош на електричен лак создаден во дисперзната средина;
- **хемиски методи**, при кои се користи постапка која обично се нарекува пептизација;
- **ултразвучни методи**, при што се користат ултразвучни бранови со фреквенција од 10^5 до 10^6 Hz.

Кондензационите методи

Овие методи се базираат на окрупнување на честички кои имаат молекуларни размери. Притоа, најчесто се користат следниве методи:

- **хемиски кондензационите методи**, базирани на хемиски реакции, при што се добиваат слабо растворливи соединенија;
- **физички кондензационите методи**, базирани на кондензација на пари и на замена на еден растворувач (во кој супстанцата е добро растворлива) со друг (во кој растворливоста на супстанцата е помала).

Својства на колоидните системи

Заради размерите на диспергираните честички, колоидните системи имаат голема специфична површина (однос на плоштината и масата). Токму затоа, колоидните системи покажуваат некои својства и појави што ги разликуваат и од грубо-дисперзните системи и од вистинските раствори. Ќе споменеме само некои од нив:

- оптички својства;
- молекуларно-кинетички својства;

- својства на граничните површини;
- својства заради присуство на двоен електричен слој.

Оптички својства

Од оптичките својства, најважни се оние сврзани со *ресејувањето на светлината*. Имено, познато е дека ако сноп од светлина падне на тело чии размери се поголеми од брановата должина (λ) на светлината, доаѓа до одбивање (рефлексија) на светлината. Меѓутоа, ако големината на телото е помала од брановата должина на светлината, доаѓа до дифракција, односно *ресејување на светлината*. На ова се должи и постоењето на **Тиндаловиот** (Tyndall) **ефект** кај колоидните системи.

Тиндаловиот ефект претставува појава на светлосен конус низ колоидниот систем при негово набљудување нормално на правецот на светлината со која тој е осветлуван. Притоа, светлината со помала бранова должина ќе биде расејана повеќе одошто онаа со поголема бранова должина. Затоа, при минување на бела (полихроматска) светлина низ колоиден систем, се очекува повеќе да се расејуваат сините бранови (затоа што имаат најмала бранова должина), а најмалку се расејуваат црвените (чија бранова должина е најголема). Инаку, токму ова својство (ресејувањето на светлината) овозможува честичките на колоидниот систем да се гледаат со помош на ултрамикроскоп. Поточно речено, самите честички и не се гледаат, но затоа врз темна заднина се гледаат нивните дифракциони слики.

Молекуларно-кинетички својства

Од молекуларно-кинетичките својства на колоидните системи најкарактеристични се **брауновското движење** и **седиментацијата**.

Брауновско движење

Ако колоидниот систем се посматра под ултрамикроскоп, ќе се забележи дека честичките (поточно – нивните дифракциони ликови) од диспергираната *фаза хаотично се движат низ дисперзната средина*. Ова движење, наречено **брауновско**, според англискиот ботаничар Браун (Brown), е резултат на ударите на честичките на дисперзната средина врз диспергираните колоидни честички. Бидејќи честичките од дисперзната средина се значително помали од колоидните, се случува колоидната честичка од едната страна да биде удрена од повеќе молекули одошто од другата и од нив да биде

подбутната. Потоа повеќе удари ќе има од некоја друга страна и, токму затоа, колоидните честички се во постојано хаотично движење.

Седиментација

Седиментацијата претставува бавно таложeње (стајување) на колоидните честички. За да дојде до седиментација, потребно е да се изедначат силата на вискозното триење која ја спречува седиментацијата и силата на земјината тежа која ја предизвикува. Ако колоидните честички имаат приближно сферна форма, силата на вискозното триење што се спротиставува на нивното движење е дадена со Стоксовиот (Stokes) закон:

$$F = 6 r \pi \eta v$$

каде што r е радиусот на дадената честичка, η е коефициентот на вискозност на средината, а v е брзината на движење на таа честичка. Како што се гледа, силата на вискозното триење се зголемува со зголемување на брзината на движење на честичките, v .

Од друга страна, силата на Земјината тежа е дадена со изразот:

$$W = 4/3 [r^3 \pi (\rho - \rho_0) g]$$

при што g е Земјиното забрзување, а ρ и ρ_0 се густината на колоидните честички и на дисперзната средина, соодветно.

Брауновското движење кај колоидните системи предизвикува релативно брзо движење на диспергираните честички, со што придонесува системот да биде стабилен. Во случај кога ова движење не е доволно силно изразено за да се спротивстави на дејството на силата на Земјината тежа, честичките ќе почнат да се таложат кон дното на садот. Во оној момент кога ќе бидат исполнети условите овие две сили (W и F) да се изедначат, како резултат на агломерација (окрупнување) на честичките (за што ќе стане збор подоцна), брзината на седиментација, v , ќе стане константна и еднаква на:

$$v = 2/9 [r^2 (\rho - \rho_0) g] / \eta$$

Од последнава равенка се гледа дека брзината на седиментација е пропорционална со квадратот на радиусот на честичките.

Како резултат на брауновското движење (а и поради релативно малите размери на колоидните честички), брзината на седиментација v е мала и колоидните системи се седиментационо стабилни. Ако дојде до окрупнување на

честичките (на пример, при коагулација¹), тежината им се наголемува, а брзината на хаотичното Брауновското движење се намалува. Сето тоа доведува до позабрзана седиментација.

Освен седиментационо, колоидните системи се и агрегативно стабилни, а тоа се должи на постоење на двоен електричен слој за кој ќе стане збор подолу.

Својства што се резултат на постоење на гранични површини

Колоидните системи покажуваат голема агрегативна стабилност (тешко доаѓа до укупнување на диспергираните честички) и може, како такви, да се одржат подолго време. Сепак, постоењето на голем број диспергирани честички (со голема специфична површина) низ дисперзната средина, доведува до термодинамичка нестабилност на системот. Имено, термодинамичката нестабилност може да се изрази преку равенството

$$dG = \sigma dA$$

каде што G е Гибсовата (Gibbs) енергија, σ е површинскиот напон, а dA е промената на специфичната површина. Од ова равенство се гледа дека големата специфична површина резултира со голема Гибсова енергија, што го прави системот нестабилен. Оттука произлегува дека минималната вредност за Гибсовата енергија е услов за термодинамичка стабилност, односно за рамнотежа (при константни притисок и температура) на системот. Термодинамичка стабилност кај колоидните системи може да се постигне со адсорпција (на јони или молекули) на површината на диспергираните честички.

Адсорпција

Како што беше кажано, колоидните системи се хетерогени и се карактеризираат со постоење на гранични површини помеѓу колоидните честички (диспергираната фаза) и околината (дисперзната средина) и, како резултат на малите размери, со релативно голема специфична површина. Оттука и произлегува својството на колоидните системи да адсорбираат јони или молекули на површината на честичките од диспергираната фаза при што доаѓа до намалување на површинскиот напон и, со тоа, на Гибсовата енергија.

¹ Овој поим ќе биде објаснет подоцна. Во основа, се работи за слејување на колоидните честички.

Атсорпцијата на јоните на површината на диспергираните честички е селективна, односно некои од присутните јони во системот се атсорбирани помалку, а други повеќе. Најдобро се атсорбираат или оние јони што влегуваат во составот на кристалната структура на диспергираните честички врз чија површина се врши атсорпцијата или, пак, јони коишто со јоните од структурата имаат слична атомска градба и блиски јонски радиуси. На ваков начин кристалната структура како да се надоградува и со тоа најмногу се смалува Гибсовата енергија на површината. Поради постоењето на селективна атсорпција на јони, на површината на колоидните честички се натрупуваат главно едноимени јони. На ваков начин не само што се смалува Гибсовата енергија, туку, како што ќе видиме, се спречува и спонтаната коагулација.

Двоен електричен слој

Јоните што селективно се атсорбираат на површината на колоидната честичка доведуваат до нејзино позитивно или негативно наелектризирање. За да се запази електронеутралноста на системот, во близината на вака наелектризираната површина, се собираат јони со спротивен полнеж (контрајони). **Атсорбираните јони и контрајони го чинат т.н. двоен електричен слој.**

За структурата на двојниот електричен слој постојат повеќе теории.

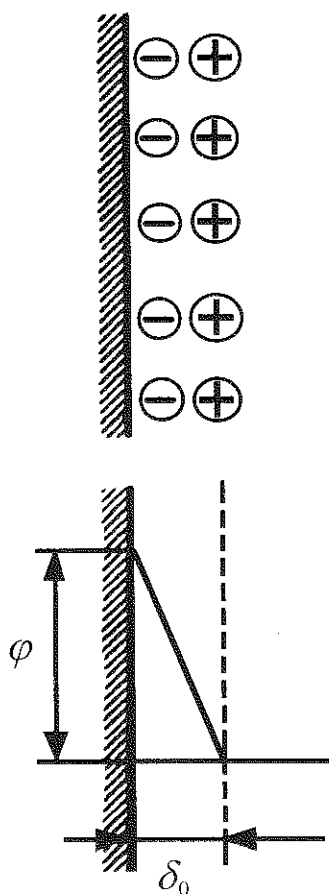
Хелмхолц (Helmholtz) прв се обидел да ја објасни градбата на двојниот електричен слој. Тој претпоставил дека, ако на површината се атсорбирани јони со определен полнеж (на сл. 25 полнежот е негативен), на растојание δ_0 ќе се насоберат исто толку контрајони¹ (јони со спротивен полнеж од оној на атсорбираните јони; во нашиов случај полнежот ќе им биде позитивен). Се смета дека растојанието од атсорбираните јони до контрајоните е еднакво на збирот на јонските радиуси на двата вида јони. На тој начин се образуваат две своевидни плочки (слично како кај плочест кондензатор) кои се спротивно наелектризирани. Како што се гледа на сл. 25, во овој случај постои линеарен пад на потенцијалот, ϕ , од површината до растојание δ_0 од неа.

Овој модел не зема предвид дека:

- распоредот на контрајоните не мора да биде толку правилен како оној на атсорбираните јони и

¹ Всушност, бројот на контрајони мора да биде толкав што нивниот полнеж да биде еднаков со полнежот на атсорбираните јони. Бројот на атсорбирани јони ќе биде еднаков со бројот на контрајони само доколку релативните полнежи на двата вида јони ќе бидат еднакви.

- на површината на честичката може да се најдат и определен број контрајони, заради тоа што адсорпцијата на површината не мора да биде апсолутно селективна.



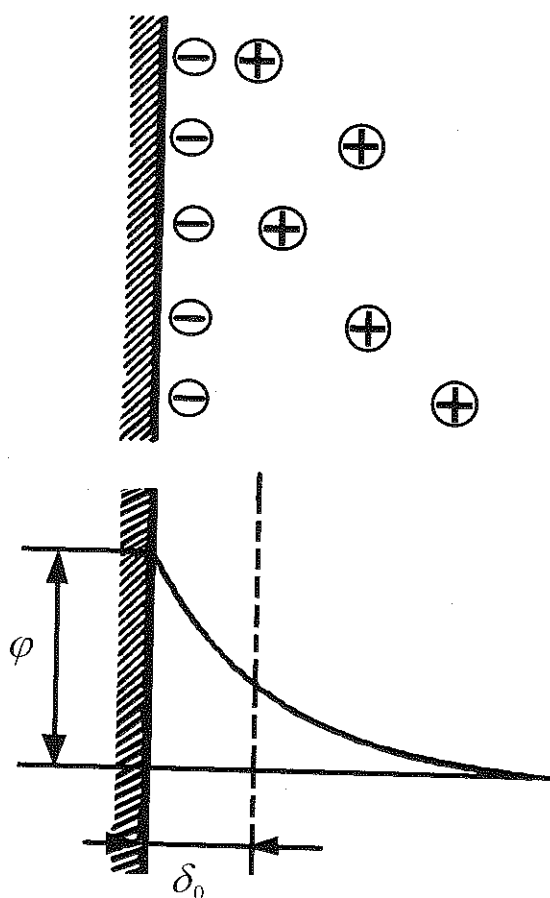
Сл. 25. Шематски приказ на двојниот електричен слој според Хелмхолц

Гуи (Guoy) и Чепмен (Chapman), во рамките на својата теорија за објаснување на двојниот електричен слој, го зеле предвид првиот недостаток на теоријата на Хелмхолц. Имено, според нив, на површината на колоидната честичка се адсорбирани еден вид јони, додека во нивна близина (но не фиксирани на определено растојание), се наоѓаат контрајоните. Концентрацијата на контрајоните експоненцијално опаѓа со растојанието, а експоненцијален е и падот на потенцијалот, ϕ (сл. 26).

Главниот недостаток на оваа теорија се состои во тоа што се претпоставува дека на површината се адсорбирани само еден вид јони (како и во теоријата на Хелмхолц) што, можеби, е можно, но не е и многу веројатно.

контра-
биде ап-

Можеби најсеопфатна слика за двојниот електричен слој дава теоријата на **Штерн** (Stern). Графичкиот приказ на двојниот електричен слој, како и падот на потенцијалот, според оваа теорија, се дадени на сл. 27. Според неа,



Сл. 26. Шематски приказ на двојниот електричен слој според Гуи и Чепмен

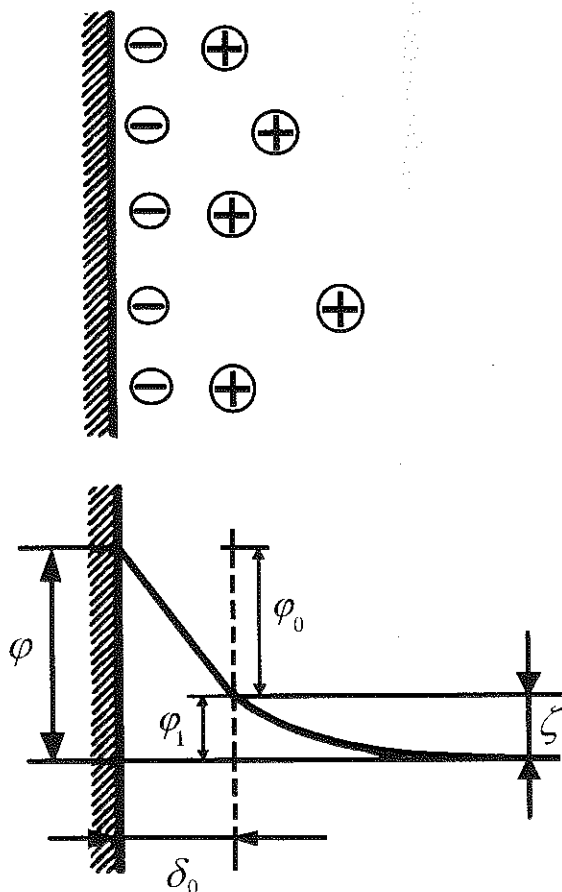
плц

објасну-
таток на
оиодната
не фикс-
ентраци-
онспци-

оставува
еоријата

околу колоидната честичка постои еден цврсто врзан *адсорпционен слој* во кој влегуваат јоните адсорбирани на самата површина, како и дел од контрајоните кои, исто така, се адсорбирани на површината (во покажаниот пример, контрајоните носат позитивен полнеж). Покрај тоа, постои и *дифузен слој* кој се состои од јони со полнеж каков што имаат и контрајоните од адсорпциониот слој (во примерот – позитивно наелектризирани). Со други зборови, дел од контрајоните се адсорбирани (и, значи, поцврсто врзани), а другите се дифузно распределени низ течната фаза. Во *адсорпциониот слој* (до растојание δ_0) падот на потенцијалот е линеарна функција од растојанието, а во *дифузниот слој* потенцијалот опаѓа експоненцијално со растојанието.

Вкупната потенцијална разлика меѓу површината на цврстата фаза и границата на двојниот електричен слој (теориски, оваа се наоѓа на бескрајно големо растојание) се бележи со φ . Оваа потенцијална разлика претставува сума од падот на потенцијалот во адсорпциониот слој, φ_0 , и потенцијалната разлика меѓу адсорпциониот и дифузниот слој, φ_1 .



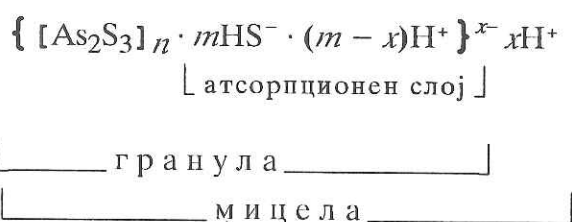
Сл. 27. Шематски приказ на двојниот електричен слој според Штерн.

Колоидната честичка и адсорпциониот слој образуваат **гранула** којашто се карактеризира со определен полнеж. Гранулата и делот од контрајоните што не влегуваат во нејзин состав образуваат **мицела**.

Шематскиот приказ на мицелата во случај на колоидниот систем од As_2S_3 што се наоѓа во вишок од раствор на H_2S е прикажан подолу.

Вистинскиот облик на мицелата на колоидниот систем од As_2S_3 не е таков како што е прикажан на горната шема. Имено, колоидните честички, чијшто облик е приближно сферен, се *ојкружени* со јоните од двојниот елек-

тричен слој така што и обликот на создадената мицела е приближно сфери-
рен. Токму затоа, повистинит е изгледот на мицелите прикажани на сл. 28
(се работи за мицели кај колоидниот систем од AgI, при што во едниот слу-
чај во растворот има вишок од KI, а во вториот – од AgNO₃).



Ако колоидниот систем се подложи под дејство на електрично поле, гра-
нулите се однесуваат како целина и, под дејство на полето, се придвижуваат
кон електродата со спротивен полнеж, додека дифузниот слој, се разбира,
мигрира кон другата електрода. Притоа се јавува потенцијална разлика која
се нарекува **електрокинетички** или **ζ-потенцијал**¹, кој е приближно еднаков
со потенцијалот ϕ_1 .

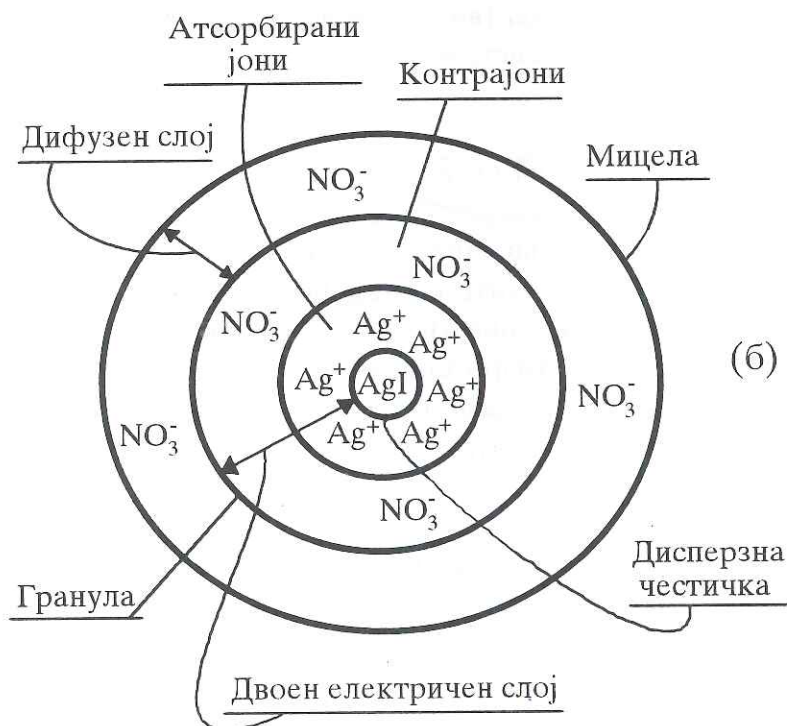
Електрокинетичкиот потенцијал има важна улога во процесите на *елек-
трофореза* и *електроосмоса* (види подолу), а во врска е и со агрегативната
стабилност на колоидните системи.

Електрофореза и електроосмоса

При пропуштање на еднонасочна електрична струја низ колоиден систем,
доаѓа до патување на гранулите кон едниот од половите – оној што е нае-
лектризиран спротивно од нив (во случај на арсен трисулфид добиен во
вишок од сулфидни или хидрогенсулфидни јони, тоа ќе биде анодата), а
контрајоните од дифузниот слој ќе се движат кон другата електрода (во
дадениот пример, тоа е катодата). Оваа појава е позната под името **електро-
фореза**.

Од друга страна, движењето на контрајоните од дифузниот слој во спротив-
на насока од онаа во која се движат гранулите е придружено со движење и
на молекулите од растворувачот со кои тие јони се солватизирани. Така, на
некаков начин, може да се смета дека течната фаза се движи во однос на
неподвижна цврста површина (гранулите). Појавата се вика **електроосмоса**.

¹ Грчката буква се чита *зети*.



Сл. 28. Мицела кај колоидниот систем од AgI што се наоѓа во вишок од KI (a) или во вишок од AgNO₃ (б).

Електрофорезата може да се исползува за пресметување на ζ -потенцијалот на колоидниот систем, користејќи ја при тоа следната формула:

$$\zeta = (k\pi\eta v) / \epsilon E$$

при што k е константа која зависи од обликот на честичките, η е вискоз-носта на средината, ϵ е нејзината пермитивност, v е брзината на движење на колоидните честички, а E е градиентот на потенцијалот. Вредностите за E и v се добиваат по експериментален пат (за тоа ќе стане збор во експе-рименталниот дел од ова поглавје).

Стабилноста на колоидните системи и коагулација

Поради едноимениот полнеж што го имаат гранулите тие меѓусебно се од-биваат и тоа претставува пречка за слепување на честичките и, како што видовме, значително ја забавува седиментацијата.

Како мерка за силата со која гранулите се одбиваат, може да се земе елек-трокинетичкиот потенцијал, ζ . Така, колоидни системи карактеризирани со поголеми вредности за ζ -потенцијалот се агрегативно постабилни во спо-редба со оние што имаат помали вредности за електрокинетичкиот потен-цијал.

Еден од начините за нарушување на стабилноста на колоидните системи е со предизвикување на нивна **коагулација**¹ - слепување на колоидните чес-тички и формирање на покрупни (и потешки) агрегати што се таложат на дното од садот. Ако колоидниот систем во кој не доаѓа до седиментација го наречеме **сол**², може да зборуваме за премин од сол во **коагулат**³. Во некои случаи (кај т.н. *лиофилни колоиди*), при коагулацијата доаѓа до образување на **гелови**. *Гел* е полуцврст продукт во кој е вклучен и поголем или помал дел од дисперзната средина.

При коагулација, решавачка улога игра промената на структурата на двој-ниот електричен слој, придружена со намалување на ζ -потенцијалот, но вредноста на овој потенцијал може и да не се измени, а до коагулација сепак

¹ Се употребува и терминот *флокулација*.

² Ова е именка од *машки* род, за разлика од вообичаеното значење на зборот *сол* (назив за супстанца настаната со неутрализација на киселина со база) кој, се разбира, е именка од *женски* род. Множината од двата термина ќе биде *солови* (во првиот случај) и *соли* (во вториот).

³ *Коагулат* е назив за агрегатите од колоидни честички настанати при коагулација. Може да се употребува и терминот *флокулат*.

да дојде (доколку гранулите добијат доволно голема енергија за да може да ги совладаат одбивните сили што постојат заради нивниот едноимен полнеж).

Инаку, коагулацијата на колоидните системи (солови) може да биде предизвикана со:

- додавање на електролит;
- загревање или ладење,
- механичко дејство;
- високофреквентни вибрации;
- ултрацентрифугирање.

Сите овие постапки, на еден или друг начин, доведуваат до тоа колоидните честички да се најдат на толку мали растојанија што да почнат да делуваат меѓумолекуларните сили на привлекување (т.н. *van der Waals*-овски сили), како резултат на што доаѓа до коагулација на колоидниот систем.

Во рамките на овој Практикум, поподробно ќе биде објаснета коагулацијата на колоидните системи со помош на електролити.

Коагулација со помош на раствор од електролит

Ако во еден колоиден систем се додаде раствор од електролит, доаѓа до зголемување на концентрацијата на сите видови јони, па според тоа и на јоните со спротивен полнеж од оној што го има гранулата. Со тоа се зголемува веројатноста поголем број контрајони да дојдат во непосредна близина на гранулата и да бидат вовлечени во адсорпциониот слој. Со тоа полнежот на гранулата се намалува, се смалува и бројот на контрајони во дифузниот слој, а со тоа се смалува потенцијалната разлика меѓу адсорпциониот и дифузниот слој. Со зголемување на концентрацијата на електролитот, може да се постигне состојба кога гранулата, во однос на својата околина, е неутрална што, од своја страна, значи дека $\zeta = 0$. Ваквата состојба се нарекува **изоелектрична**. Притоа, ϕ -потенцијалот не се менува, а двојниот електричен слој сè уште постои (исчезнал само дифузниот слој).

При поголеми концентрации на електролитот во адсорпциониот слој може да навлезат толку контрајони што нивниот полнеж да биде поголем од полнежот на јоните кои се фиксирани на површината. Ова, пак, доведува до *промена на предзнакот* на полнежот на гранулата, а со тоа и до пораст на ζ -потенцијалот и промена на неговиот предзнак.

Всушност, за да дојде до коагулација на еден сол не е потребно ζ -потенцијалот да добие вредност еднаква на нула. Коагулацијата започнува при некоја вредност на ζ -потенцијалот што се нарекува **критичен електрокинетички потенцијал**.

Најмалата концентрација на даден електролит што е потребна да предизвика, за определено кусо време, коагулација на определено количество колоиден систем се вика **праг на коагулација** или **концентрација на коагулација** (се обележува со γ).

Од претходно реченото, следува дека коагулацијата ја овозможуваат оние јони кои имаат спротивен полнеж од оној на гранулите. Колкава ќе биде концентрацијата на коагулација за еден електролит, зависи од валентноста на јоните-коагулатори. **Шулце** (Schultze) и **Харди** (Hardy) емпириски утврдиле дека концентрацијата на коагулација е пропорционална со реципрочната вредност на валентноста на јоните-коагулатори.

Според **Дерјагин** (Дерягин), пак, концентрацијата на коагулација е пропорционална со шестата степен од реципрочната вредност на релативниот полнеж (валентноста) на јонот-коагулатор, така што

$$c_k(I) : c_k(II) : c_k(III) = 1/(z_I)^6 : 1/(z_{II})^6 : 1/(z_{III})^6$$

$$c_k(I) : c_k(II) : c_k(III) = 1 : 1/64 : 1/729$$

при што $c_k(I)$, $c_k(II)$ и $c_k(III)$ се концентрации на коагулација на едно-, дво- и тривалентни јони што се достатни за да се предизвика коагулација, а z_I , z_{II} и z_{III} се релативните полнежи на соодветните јони.

Ако дробките од десната страна на последното равенство се сведат на најмал заеднички именител, се добива соодносот 729 : 11 : 1. Тоа значи дека, ако се приготват раствори на електролити од едно-, дво- и тривалентни јони со иста концентрација, за да се предизвика коагулација на ист волумен на колоиден систем потребно е да се додаде 729 mL од растворот на електролитот со едновалентни јони, 11 mL од растворот на електролитот со двовалентни јони и 1 mL од растворот на електролитот со тривалентни јони.

Се разбира, не сите едновалентни јони се подеднакво способни да предизвикаат коагулација на колоидните системи. Така, според својата коагулативна способност, јоните се подредени во т.н. **лиотропни редови**, на пример, за едновалентните јони

$$\gamma(c_{Li^+}) > \gamma(c_{Na^+}) > \gamma(c_{K^+}) > \gamma(c_{Rb^+})$$

Пептизација

Делувајќи на коагулатите со различни физичко-хемиски агенси, може да се предизвика премин на коагулатот во сол. Оваа појава се нарекува **пептизација**. Пептизацијата, инаку, претставува еден од методите за добивање на колоидни системи и, во основа, спаѓа во т.н. дисперзни методи. Сепак, при користење на оваа метода не е потребно механичко дробење.

Постојат два вида на пептизација: **атсорпциона** и **дисолуциона пептизација**.

До **атсорпциона** пептизација доаѓа при додавање на големи концентрации на електролит. Имено, кога во системот се присутни многу јони, лесно може да дојде до толку голема атсорпција на контрајони што да се предизвика промена на знакот на ζ -потенцијалот¹. На тој начин претходно образувааниот коагулат преминува во сол.

До **дисолуциона** пептизација, пак, може да дојде при промивање на колоидниот талог (коагулатот). Тогаш, имено, може да дојде до преминување на дел од контрајоните од атсорпциониот слој во дифузниот слој. Со тоа, очигледно, се зголемува вредноста на ζ -потенцијалот и коагулатот преминува во сол.

Според тоа, како при коагулација, така и при пептизација доаѓа до промена на структурата на двојниот електричен слој и на вредноста на електрокинетичкиот потенцијал, со тоа што при коагулација вредноста на ζ -потенцијалот се сведува на нула, а при пептизација повторно се воспоставува.

ХРОМАТОГРАФИЈА

Хроматографијата е физичка метода за разделување на смеса од две или повеќе компоненти. Компонентите што се разделуваат се распределуваат меѓу две фази, од кои едната е **стационарна** (неподвижна), а другата е **мобилен** (подвижна) фаза. Задачата на подвижната фаза е да ги „поси“ компонентите од смесата низ неподвижната фаза.

Постојат различни хроматографски методи, поделени според:

- природата на взаеMODEЈството меѓу компонентите и неподвижната фаза,
- агрегатната состојба на подвижната и неподвижната фаза и обликот на неподвижната фаза.

¹ Ова ќе се случува особено тогаш кога јоните со полнеж спротивен од оној на гранулите имаат голем релативен електричен полнеж.

Кога с
подвиж

- атс
- рас
- тал
- хро

Во слу
состојб
или за
тешно
цврсти
на агре

Кај атс
десорп
предел
Непод
бенс (н
Под де
хартис
двојува
раство

Според
ва на х
студент

¹ Десорп
дадена с
намалува