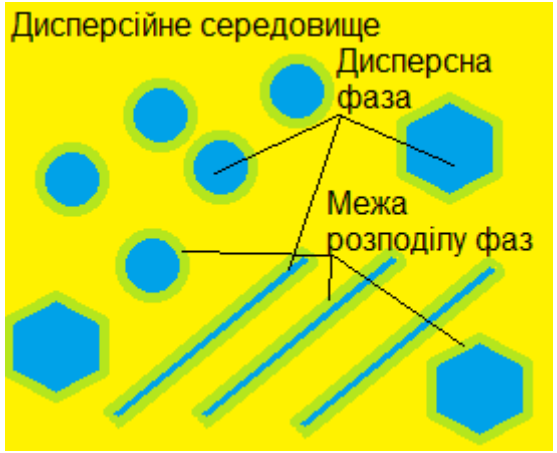
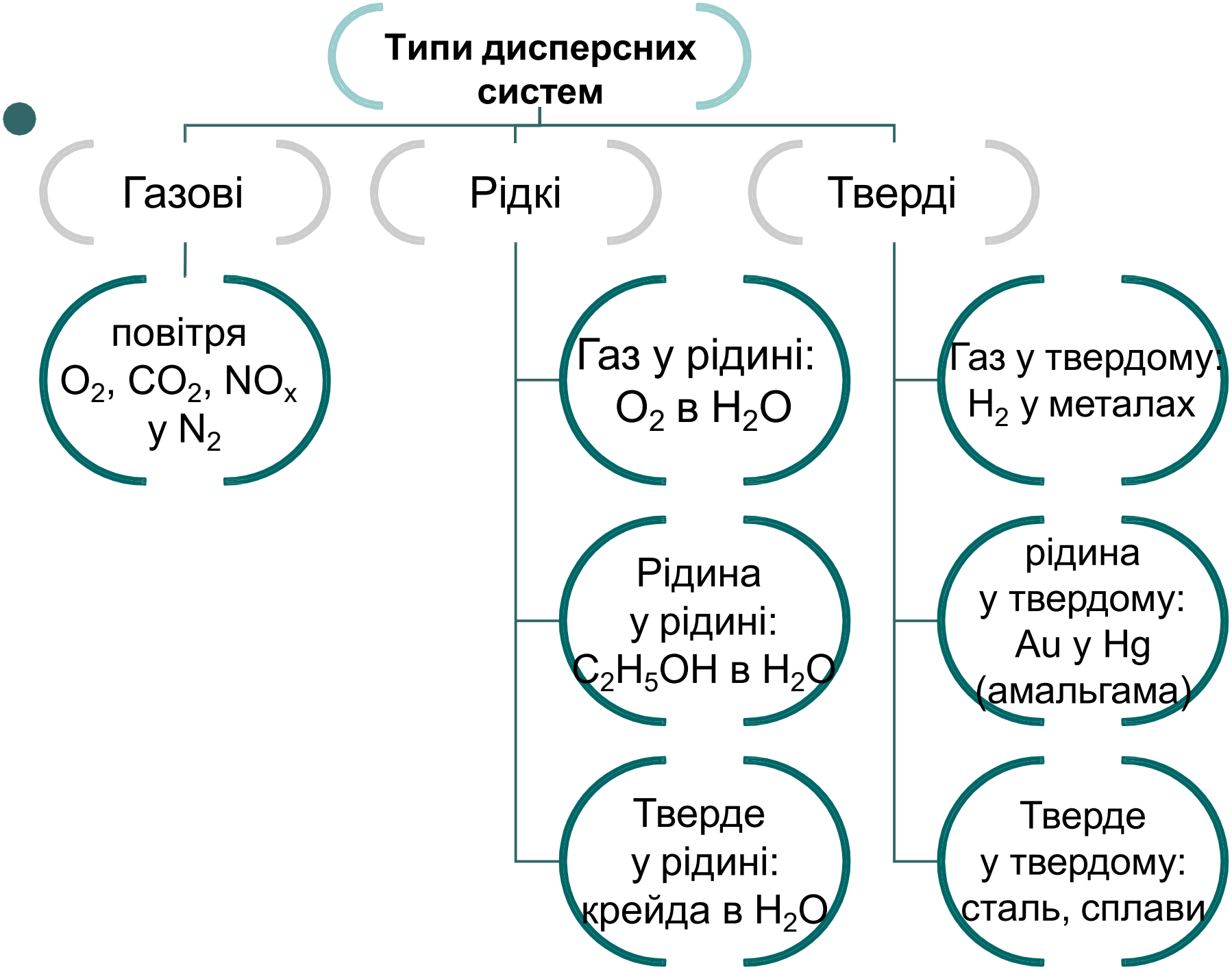
Системи дисперсні, колоїдні та буферні

Загальні поняття

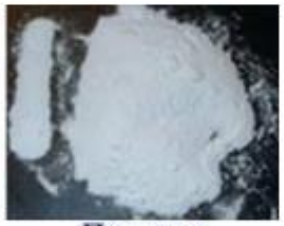
- **Дисперсна система** – це гетерогенна суміш речовин, що складається як мінімум з двох фаз, що мають сильно розвинену поверхню поділу, хімічно не взаємодіють одна з одною і відрізняються практично повною взаємною нерозчинністю.
- **Дисперсна фаза –** це диспергована речовина (у вигляді дрібних твердих кристаликів, крапель рідини, бульбашок газу, асоціатів молекул чи іонів) – тобто та частина дисперсної системи, яка рівномірно розподілена в об’ємі іншої речовини.
- **Дисперсійне середовище** – це неперервне середовище, в якому рівномірно розподілені диспергованні частинки дисперсної фази.




Типи дисперсних систем
Газові
Рідкі
Тверді
повітря
O_2, CO_2, NO_x
у N_2
Газ у рідині:
O_2 в H_2O
Рідина
у рідині:
C_2H_5OH в H_2O
Тверде
у рідині:
крейда в H_2O
Газ у твердому:
H_2 у металах
рідина
у твердому:
Au у Hg
(амальгама)
Тверде
у твердому:
сталь, сплави

Класифікація дисперсних систем за співвідношенням агрегатних станів дисперсної фази і дисперсійного середовища

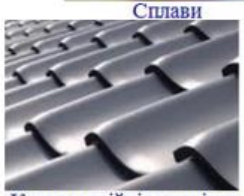
Класифікація дисперсних систем з газоподібним дисперсійним середовищем

Позначення дисперсної системи	*Назва дисперсної системи і приклади*
Г/Г	*Дисперсна система не утворюється*
Р/Г	*Аерозолі:*  Тумани  Хмарини
Т/Г	*Аерозолі, порошки:*  Пил  Дим  Порошок

Класифікація дисперсних систем з рідким дисперсійним середовищем

Позначення дисперсної системи	*Назва дисперсної системи і приклади*
Г/Р	*Газові емульсії, піни:*
	 Газована вода  Пивна піна  Мильна піна  Піна вогнегасників
Р/Р	*Емульсії:*  Нафта  Молоко  Креми
Т/Р	*Суспензії* та *золі*:  Мул  Зависи  Пасти

Класифікація дисперсних систем з твердим дисперсійним середовищем

дисперсної системи	*і приклади*
Г/Т	*Пористі тіла:*  Застигла лава  Пемза  Пінопласт  Пінобетон  Активоване вугілля  Порувата гума  Хліб  Сир
Р/Т	*Капілярні системи:*  Грунти  Гелі  Желатин  Опал
	 Рідина в поруватих тілах  Мінерали з рідким включенням (аметист)
Т/Т	*Тверді гетерогенні системи:*  Сплави  Бетони  Сітали  Композиційні матеріали  Граніти  Вітражне скло  Рубінове скло

Класифікація розчинів за розміром розчинених частинок

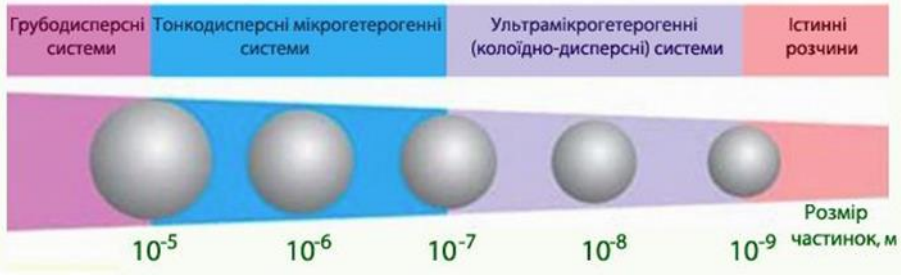
Розмір частинок, нм

Істинний розчин: гомогенна суміш
< 10

Колоїдний розчин

10 – 100

Груба дисперсія (суспензія)
> 100



Класифікація розчинів за розміром розчинених частинок

Грубодисперсні системи	Колоїдні розчини	Істинні розчини
$r = 10^{-7}$–10^{-5} м Дисперсна фаза – невеликі частинки	$r = 10^{-9}$–10^{-7} м Дисперсна фаза – агрегати кількох молекул	$r \approx 10^{-9}$ м Дисперсна фаза – окремі молекули або іони
Непрозорі	Прозорі	Прозорі
Завислі частинки не проходять через паперовий фільтр	Завислі частинки проходять через паперовий, але не проходять через пергаментний фільтр	Фільтруванням розділити неможливо
Нестійкі в часі, досить швидко завислі частинки осідають на дні або спливають на поверхню	Відносно стійкі, однак згодом старіють. Можуть існувати від кількох годин до кількох століть	Стійкі в часі, не старіють, можуть існувати нескінченно довго, якщо не відбувається хімічних реакцій
Мутні	Виявляють ефект Тіндаля	Оптично порожні
Завись мулу в річці, емульсії масла у воді (молоко)	Чай, кава	Розчин солі, цукру

Колоїди – негомогенні суміші

Піна





Аерозолі



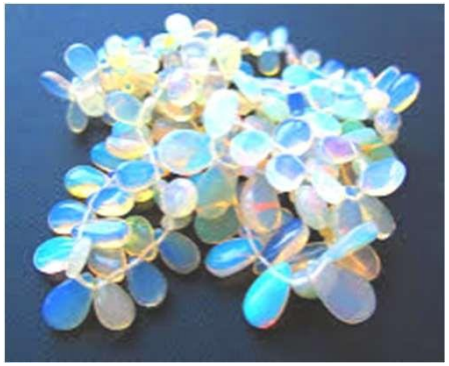


Емульсія





Гель



Золь

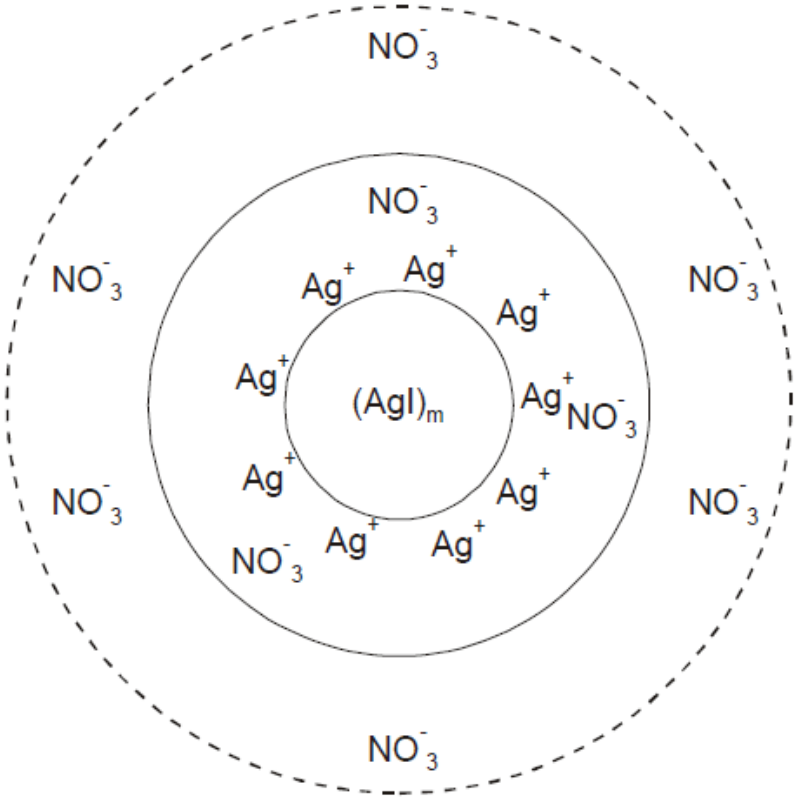


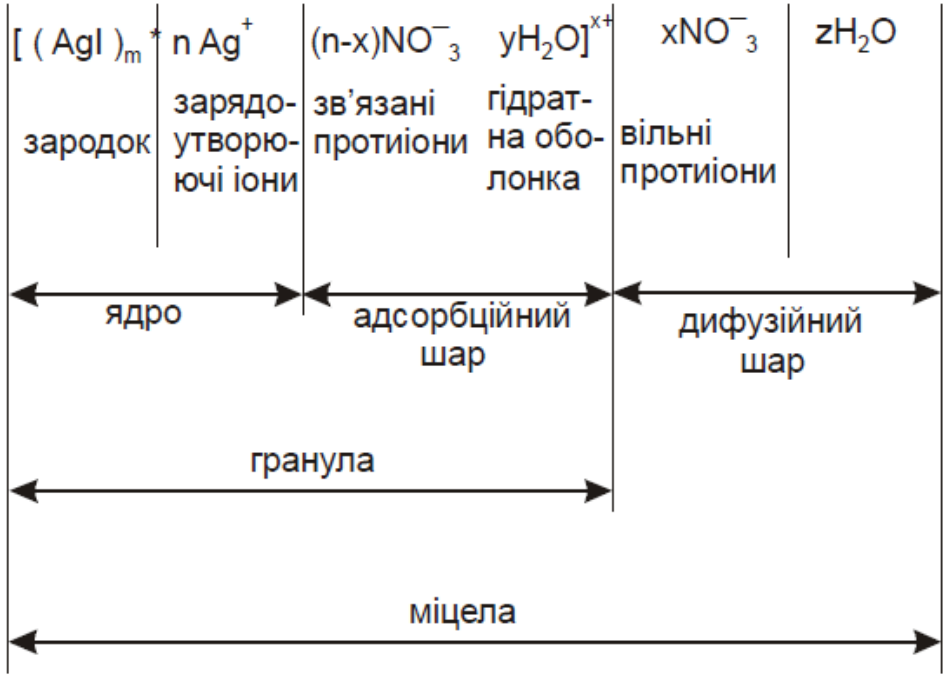
Класифікація колоїдних розчинів

- ***Ліофільні*** дисперсні системи – частинки фази взаємодіють з молекулами певного середовища і переходять в розчин при додаванні розчинника. У випадку, коли розчинником є вода, їх можна називати гідрофільними системами. Наприклад – розчини білків або полісахаридів у воді (желатин або крохмаль у воді).
- ***Ліофобні*** дисперсні системи – частинки дисперсної фази слабко взаємодіють з оточуючим середовищем. Нестійкі – об'єднання частинок обумовлює випадання осаду.

Міцелярна теорія будови колоїдних частинок

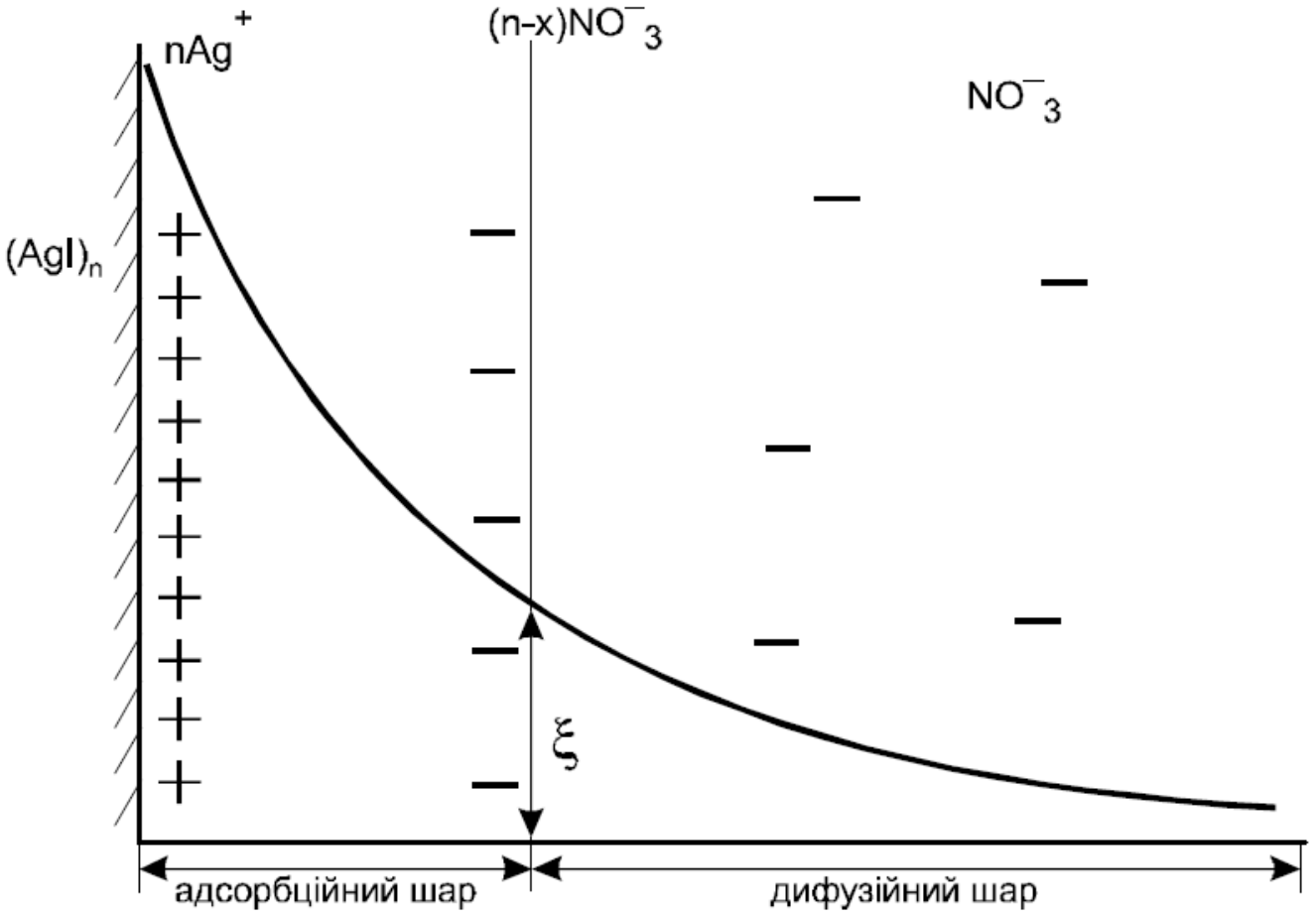
$$KI + AgNO_{3(\text{надлишок})} \leftrightarrow AgI\downarrow + KNO_3.$$





Будова міцели аргентум йодиду

Розподіл потенціалів у міцелі аргентум йодиду



Методи отримання колоїдних розчинів

Дисперсійні методи – основані на подрібненні (диспергуванні) великих частинок до колоїдного ступеню дисперсності, тобто 1 – 100 нм. Подрібнювати можна механічним і електричним шляхом. Ці методи, в основному, використовуються в промисловості.

Конденсаційні – основані на збільшенні (конденсації) дрібних частинок до розміру 1 – 100 нм. Ці методи основані на використанні різних типів хімічних реакцій, в ході яких утворюються речовини, які відносно погано розчиняються у воді. При цьому використовуються окисно-відновні реакції (одержання золю берлінської лазурі), реакції гідролізу (утворення золю гідроксиду заліза), реакції сольового обміну, метод заміни розчинника та ін.

Пептизація (від грец. *peptos* – зварений, переварений) – осад речовини переводиться в колоїдний стан додаванням поверхнево–активних сполук - мила, білків. Виділяють декілька видів пептизації – адсорбційну, дисоціаційну і хімічну.

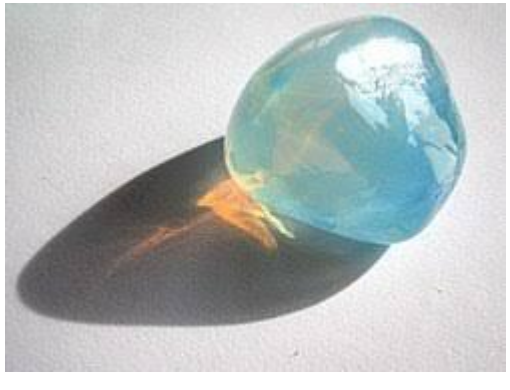
Оптичні властивості

обумовлені взаємодією променів світла з частинками колоїдних систем.

1. Опалесценція.

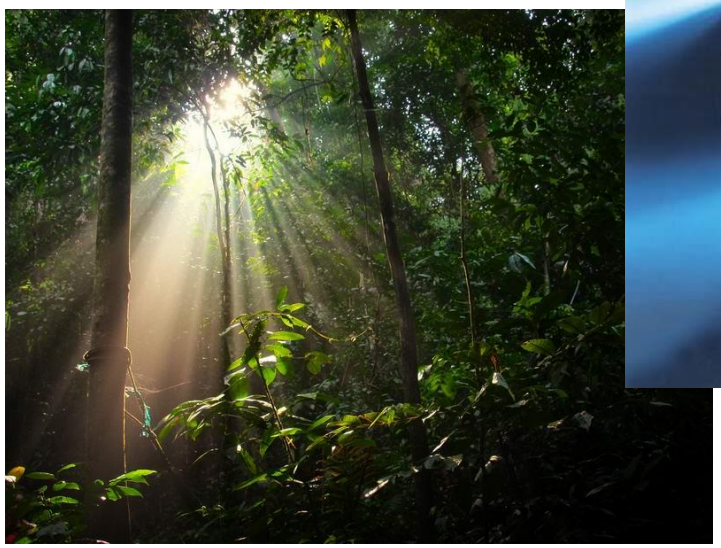
Це явище розсіювання світла колоїдними частинками, яке зумовлене дифракцією світлових променів у розчинах.

Ця властивість колоїдів проявляється в тому, що вони начебто змінюють своє забарвлення при розгляді їх в прохідному і у відбитому світлі. В прохідному світлі розчини набувають червоно-жовтого забарвлення *(в око потрапляють промені з великою довжиною хвиль)*, а у відбитому – синьо-блакитний *(короткохвильові промені)*.

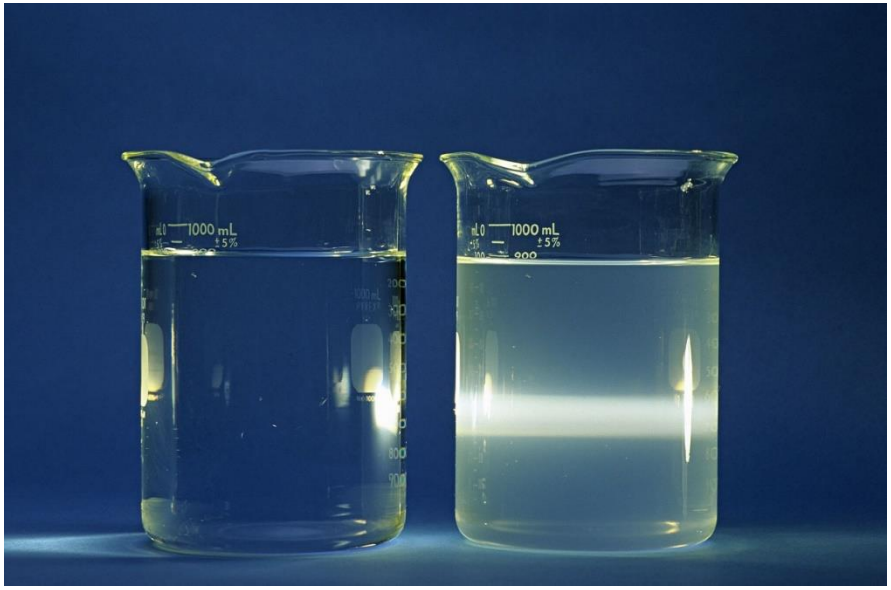


Ефект Фарадея-Тиндаля

- При бічному освітленні колоїдного розчину промінь світла розсіюється в ньому у вигляді конуса, який світиться. Він виникає в результаті дифракції світла.
- *Падаючий промінь світла має довжину хвилі, що перевищує діаметр колоїдної частинки в декілька разів. Потрапляючи на частинку, промінь обгинає її і частинки, розміщені поруч.*
- *На основі такого явища створені деякі оптичні прилади: ультрамікроскоп, фотоелектроколориметр.*







Молекулярно-кінетичні властивості колоїдних розчинів

1. Броунівський рух – це хаотичний рух частинок дисперсної фази, викликаний тепловим хаотичним рухом частинок дисперсійного середовища.

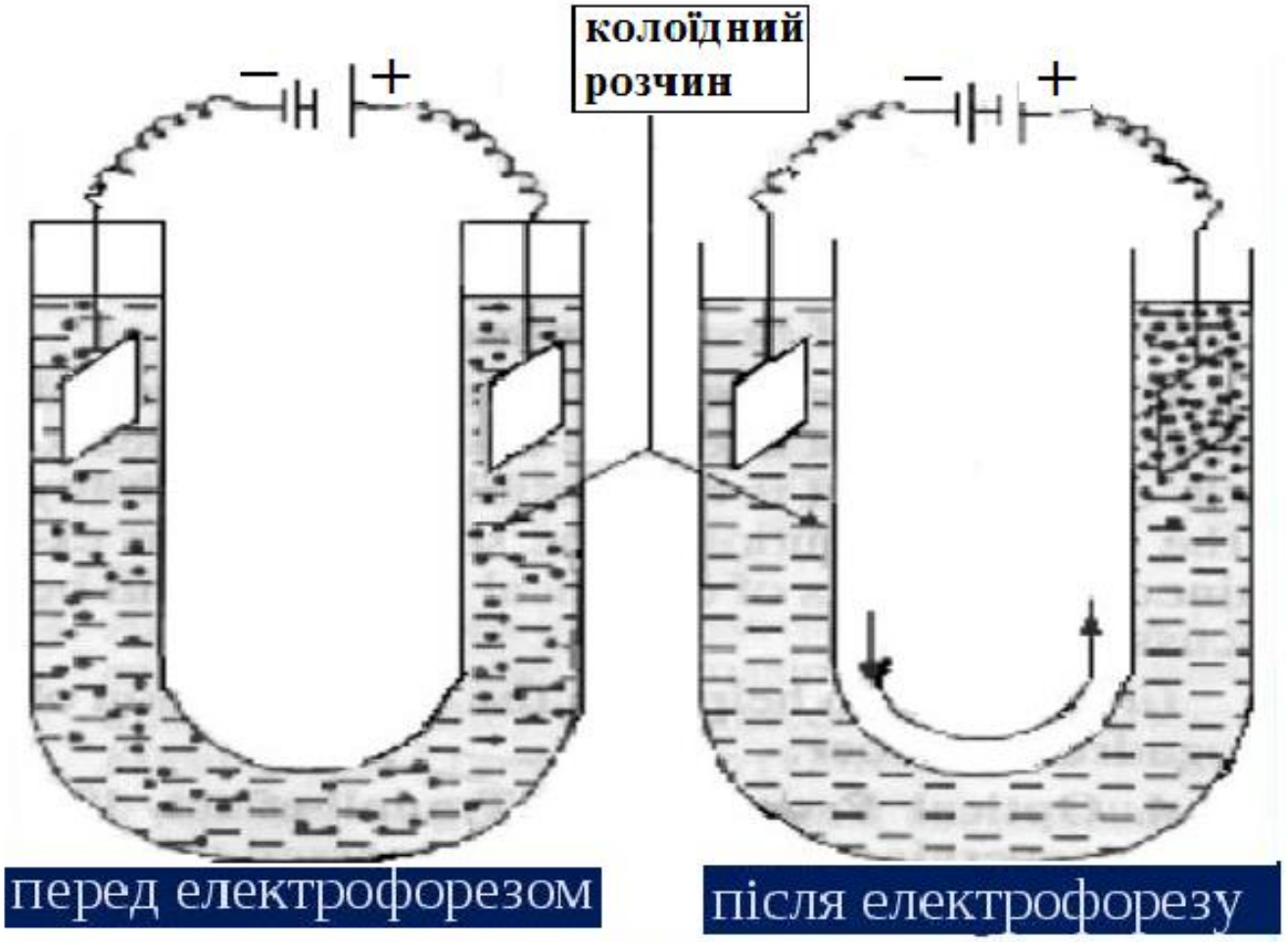
2. Дифузія – самовільний процес вирівнювання концентрації частинок по всьому об'єму розчину *(швидкість дифузії у колоїдів є меншою, ніж у істинних).*

3. Осмотичний тиск, який стосовно колоїдів називається ***онкотичним*** (тиск, який створюється колоїдними частинками на напівпроникну мембрану) *(у істинних суттєво виший*).

4. Здатність дисперсних систем, в тому числі колоїдних розчинів, зберігати рівномірне розподілення частинок дисперсної фази по всьому об'єму, називається ***седиментаційною***, або ***кінетичною стійкістю*** *(у грубодисперсних відсутня).*

Електрокінетичні властивості колоїдних розчинів

- *Обумовлені наявністю в частинках подвійного електричного шару, що і визначає поводження колоїдних частинок в різних умовах їх існування.*
- Для колоїдів характерним є явище **електрофорезу** – це рух частинок дисперсної фази до одного з електродів (або до позитивно, або до негативно зарядженого) під впливом постійного електричного поля.

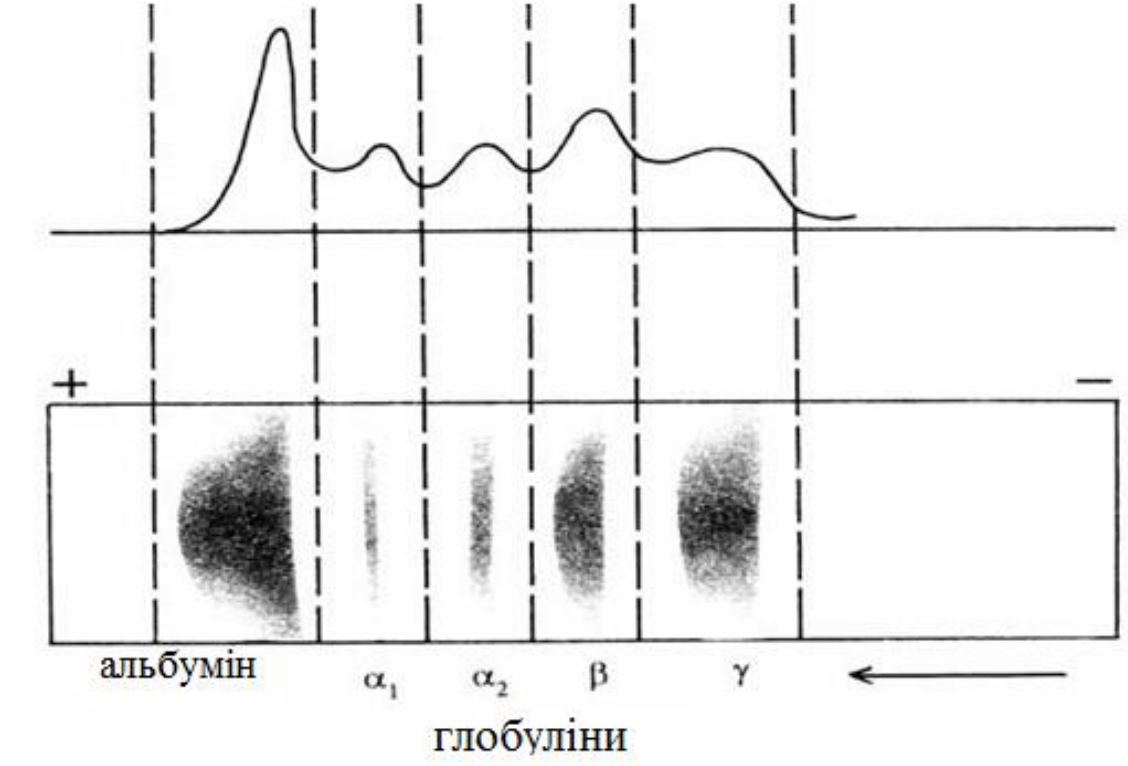


Причиною цього є наявність заряду у колоїдних частинок. Залежно від умов отримання колоїдного розчину його частинки несуть однойменний заряд (або +, або –), але він у всіх частинок однаковий. А тому, під впливом постійного електричного поля колоїдні частинки рухаються до протилежно зарядженого електроду.

Швидкість руху цих частинок залежить від багатьох факторів:

від величини цих частинок;
від величини заряду;
від в'язкості середовища;
від напруги та сили струму і т.д.

Якщо в розчині присутні різні колоїдні частинки (наприклад, частинки різних білків), то при електрофорезі вони розділяються на окремі фракції.



Методи очищення колоїдних розчинів

Діаліз (від грец. *dialysis* – розкладання, видалення) – очистка колоїдних розчинів від низькомолекулярних домішок через напівпроникні (або вибірково проникні) мембрани.

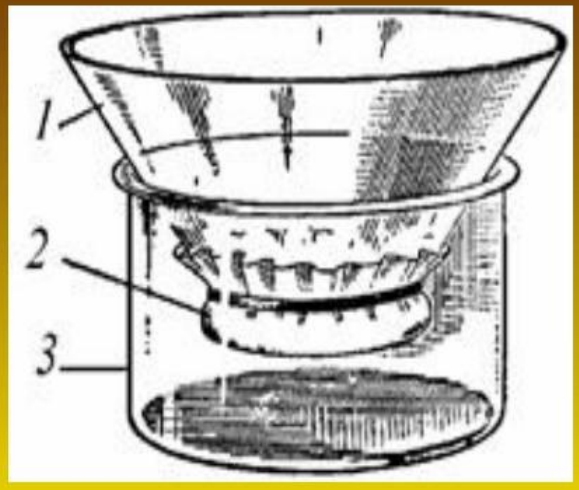
Для цього колоїдний розчин вводять в мішечок з такої мембрани і занурюють у дистильовану воду. Молекули або іони з розміром меншим, ніж пори мембрани, будуть переходити з розчину у воду.

Використовуються прилади, що називаються діалізатори.

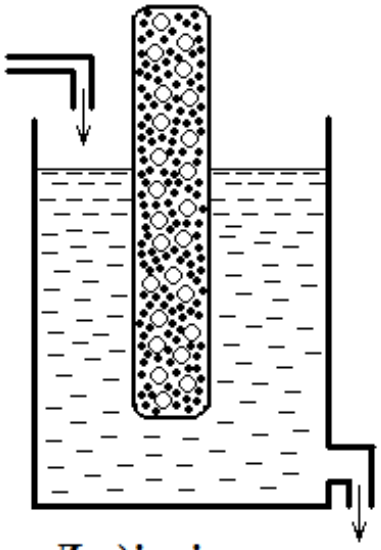
Недолік – тривалість процесу до кількох діб. Постійнодіючий діалізатор in vivo - нирки.

Діаліз

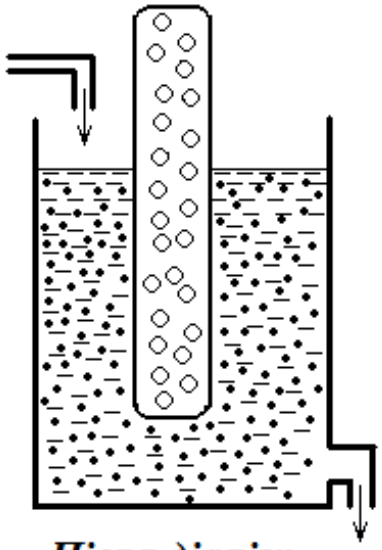
Схема діалізатора Грема



1- діалізатор, 2- мембрана, 3- ексикатор



До діалізу



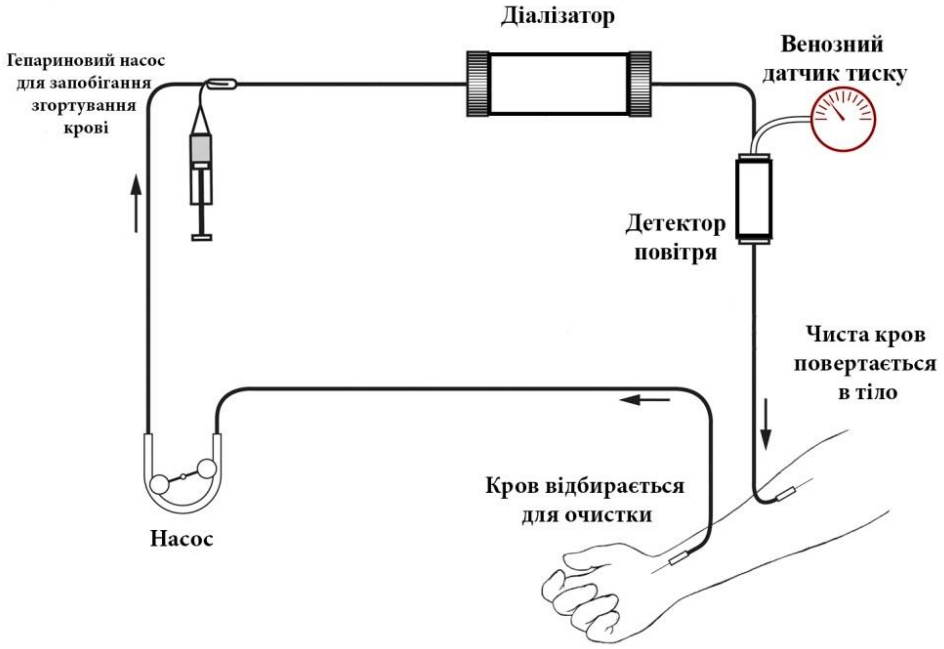
Після діалізу

Електродіаліз

- Використовується для прискорення діалізу систем, які містять домішки електролітів, використовуючи електричний струм.
- У процесі електродіалізу приводною силою є різниця електричного потенціалу з різних сторін мембрани, через яку проходять іони з розчину меншої концентрації в розчин більшої концентрації.
- Метод очищення води, можна застосовувати для знесолення солоних і підсолених вод.

Фільтрація

- **Ультрафільтрація** – це діаліз, який проводять під тиском.
- Один з різновидів - **гемодіаліз**
- **Електроультрафільтрація** об'єднує переваги двох методів очистки колоїдних систем – електродіалізу та ультрафільтрації.

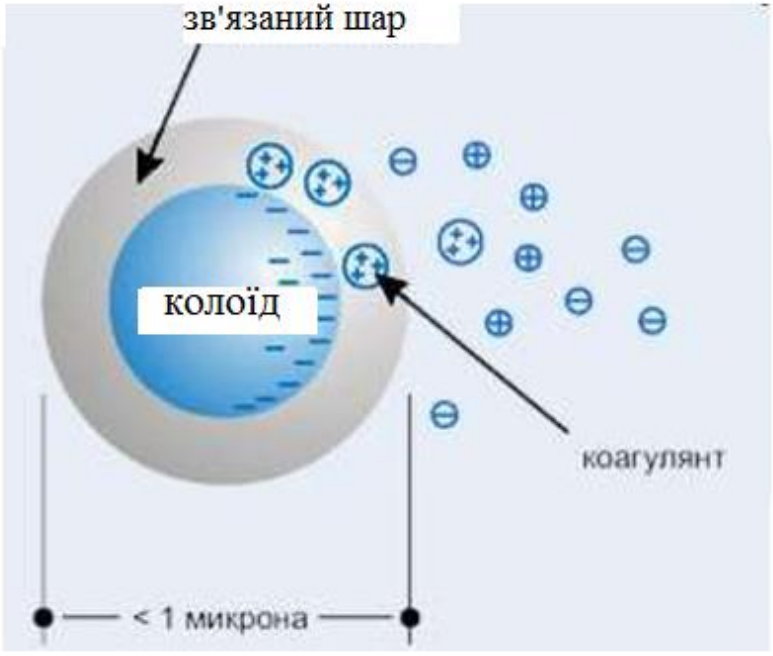


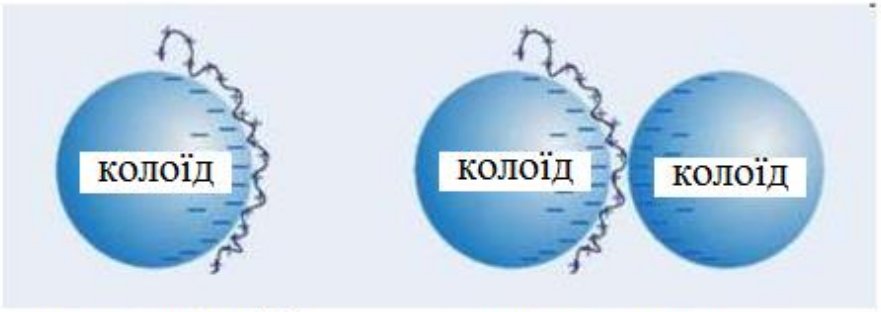
Фактори агрегативної стійкості

- **Гідрофобні колоїди** мають 1 фактор агрегативної стійкості: однойменний заряд у всіх частинок. В результаті ці частинки електростатично відштовхуються один від одного, що перешкоджає агрегації – склеюванню, злипанню цих частинок і їх послідуючому осадженню. Точніше, фактором стійкості є електростатичний потенціал колоїдів.
- **Гідрофільні колоїди** мають 2 фактори агрегативної стійкості: однойменний заряд і гідратаційну оболонку (сольвату). Щоб їх осадити, потрібно спочатку зняти гідратаційну оболонку, потім нейтралізувати заряд і тільки після цього гідрофільні колоїди коагулюють.

Коагуляція колоїдів

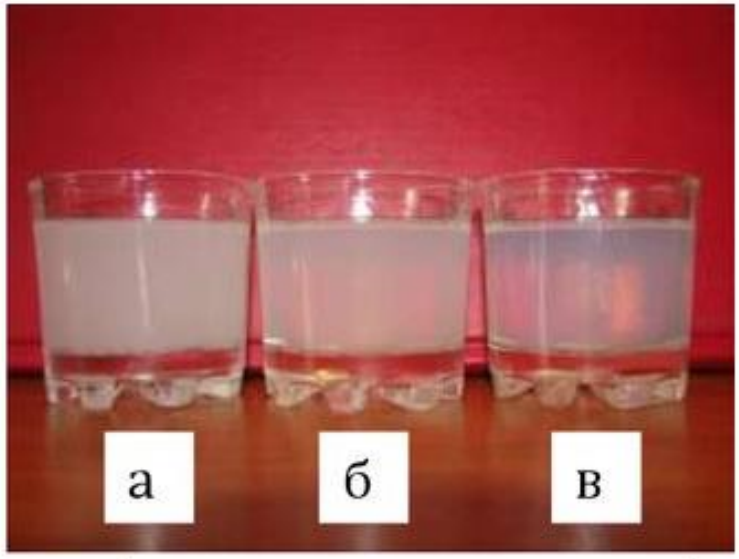
це осадження колоїдних частинок в результаті втрати їх агрегативної стійкості, це перехід золя в гель. Найчастіше можливі причини коагуляції: дія електролітів, підвищення температури, тиску та ін.
При дії на колоїд електролітами, іони, що мають заряд протилежний заряду колоїдних частинок, адсорбуються на них, нейтралізуючи заряд. В результаті втрати заряду, частинки агрегують і коагулюють.





Правило Гарді-Шульца:

- Коагуляцію колоїдів викликає іон, що має знак, протилежний знаку заряду колоїдів (правило знака);
- Чим вище валентність осаджуючого іона, тим менша кількість його необхідна для коагуляції колоїду (правило валентності).



Коагуляція негативно зарядженого золя іонами:
а) Fe^{3+}; б) Ca^{2+}; в) Na^{+}

У ***гідрофільних*** колоїдів існує 2 види коагуляції

Висолювання – це зворотна коагуляція білкових колоїдів, що виникає при додаванні до них концентрованих розчинів лужних металів (наприклад, NaCl, KCl, $(NH_4)_2SO_4$ та інш.).

Денатурація – це незворотна коагуляція білкових колоїдів, в результаті якої порушується гідратаційна оболонка, знімається заряд, а також руйнується складна просторова структура білків (четвертинна, третинна, вторинна, а іноді, при дії H_2SO_4 (конц.) і первинна структура).

Фактори, що призводять до денатурації білкових колоїдів:

- Сильні мінеральні кислоти і основи (луги) (концентровані H_2SO_4, HCl, HNO_3, NaOH, KOH та ін.);
- Висока температура (100^oC, кипіння);
- Солі важких металів (солі Pb, Cu, Ag та ін.);
- Органічні розчинники (ацетон, хлороформ, етиловий спирт та ін.);
- Дубильні речовини (типу таніну);
- Специфічні органічні кислоти (ТХО – трихлороцтова кислота, сульфосаліцилова кислота та ін.).

Колоїдні системи можуть знаходитися в 3 можливих станах:

Золь – рідкі колоїдні системи (розчини), де частинки рівномірно розподілені.

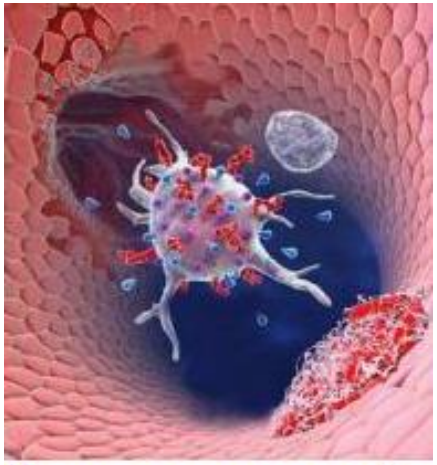
Гель – це колоїдний осад, коли частинки відділені від дисперсійного середовища. Розподілені не рівномірно, утворюють внутрішні структури.

Драглі – колоїдні розчини з фібрилярною формою молекул. Нагадують і золь і гель: рівномірне розподілення частинок, але втрачена текучість.

Властивості драглів

1. Синерезис – це старіння драглів при довготривалому зберіганні





Згортання крові

2. Тіксотропія – це утворення текучості драглів у місці дії на нього механічних факторів.

Приклади тіксотропії



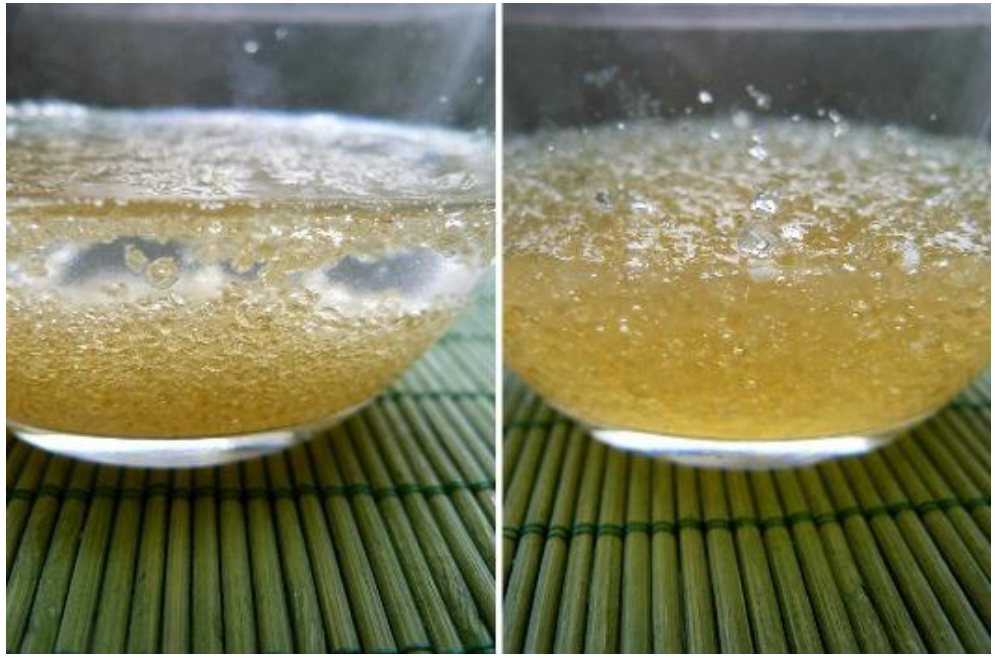
Нематода рухається в поперечносмугастому м'язі так само швидко як і в рідині, оскільки перетворює його з гелю в золь. Після проходження нематоди волокно відновлює структуру гелю.



Грязеві болота засмоктують людей. Чим сильніше смикається людина, тим більше розріджується бруд навколо неї і людина провалюється глибше.

3. Набухання.

При дії на драглі рівномірно підвищеною температурою, частина дисперсійного середовища випаровується. Можна і повністю висушити драглі, при цьому залишається тільки каркас із частинок дисперсної фази. Якщо потім такі висушені драглі помістити в розчинник (дисперсійне середовище), відбувається набухання.





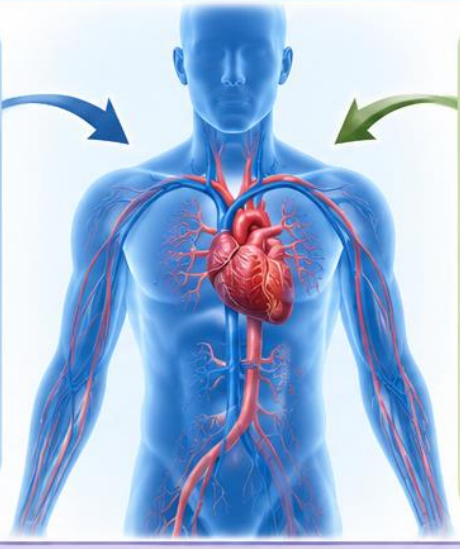
Колоїдні системи широко розповсюджені в природі

В організмі людини та живих організмів

у крові, лімфі, спинномозковій рідині в колоїдному стані знаходяться:



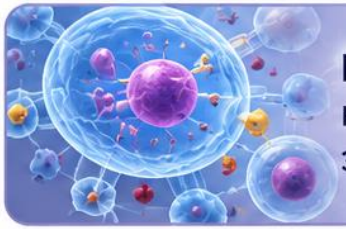
фосфати | жири | білки | вуглеводи



До найбільш важливих груп біологічного походження, утворених білками, фосфатидами та полісахаридами, відносяться:

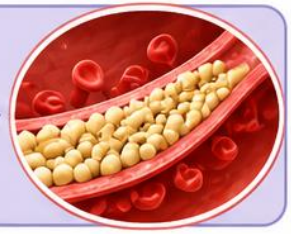


Ядро клітини | Оболонка клітин, мембрани | Рослинні та тваринні волокна | Скловидне тіло ока



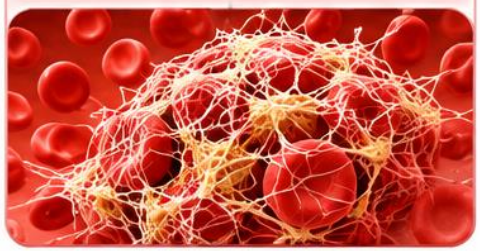
Процеси в клітинах, живих мембранах, нервових волокнах відбуваються за законами **колоїдної хімії.**

Коагуляція колоїдних систем кальцію фосфату та холестерину в крові призводить до утворення осадів на внутрішній поверхні кровоносних судин.



У крові відбуваються процеси, подібні до коагуляції:

Згортання крові

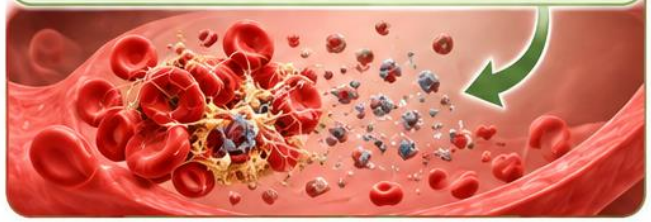


≈

Злипання еритроцитів



А в основі розчинення тромбів лежить процес **пептизації.**



Показник pH – ключ до життя

Чому pH такий важливий?

Показник pH відіграє дуже важливу роль у хімічних і біохімічних процесах та враховується при проведенні досліджень і розробці нових технологій у:

- Медицині
- Мікробіології
- Приладобудуванні
- Сільському господарстві
- Грунтознавстві
- та ін. • • •



pH у біологічних системах

Величина pH рідин та тканин в організмі людини, (за виключенням чистого шлункового соку), варіюється у межах слабко кислотне – слабко лужне середовище.



Приклади pH:



Кров 7,35–7,45



Шлунковий сік 1,5–3,0



Харчові продукти ≈ 3–7



зовнішні води ≈ 6,5–8,5

Залежність активності ферментів від pH

Активність ферментів, що каталізують усі метаболічні процеси в живому організмі, залежить від pH середовища, а оптимальні значення pH дії кожного ферменту відповідають дуже вузькому інтервалу.



Отже...



Життєдіяльність організмів відбувається лише за умови незначних коливань показника pH, який і зумовлює нормальний перебіг складних біохімічних процесів.

Стабільний pH = здоровий організм!

Буферні системи

Буферні системи – це розчини які здатні підтримувати сталим pH, як при додаванні сильних кислот або основ, так і при розведенні.

Типи буферних систем

Складається із слабкої кислоти та її аніона

HA/A^-

$HA \leftrightarrows H^+ + A^-$

H_2CO_3 / HCO_3^-

$H_2CO_3 \leftrightarrows H^+ + HCO_3^-$

Складається зі слабкої основи та її катіона

BOH/ B^+

$BOH \leftrightarrows B^+ + OH^-$

NH_4OH / NH_4^+

$NH_4OH \leftrightarrows NH_4^+ + OH^-$

Склад буферних розчинів

1. Слабка кислота і сіль цієї кислоти, утворена сильною основою

$CH_3COOH + CH_3COONa$

2. Слабка основа і сіль цієї основи, утворена сильной кислотою

$NH_4OH + NH_4Cl$

Ацетатний буферний розчин

(діапазон pH 3,7-5,6)

$$CH_3COOH + CH_3COONa$$

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$$

МЕХАНІЗМ БУФЕРНОЇ ДІЇ АЦЕТАТНОГО БУФЕРУ

В розчині є іони CH_3COO^-, H^+, Na^+

<u>при додаванні сильної кислоти:</u>

$$CH_3COO^- + H^+ \leftrightarrow CH_3COOH$$

(сильна кислота замінюється на слабку)

<u>при додаванні сильної основи:</u>

$$CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$$

pH кислої буферної системи

HCO_3^- / H_2CO_3

$$H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^-$$

$$K_p = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} \qquad [H^+] = K_p \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

$$\lg[H^+] = \lg[K_p] + lg\frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

Множимо на -1

$$-\lg[H^+] = -\lg[K_p] - lg\frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

$$pH = pK + lg\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = \frac{[\text{акцептор}]}{[\text{донор}]}$$

Рівняння Гендерсона -Хасельбаха

Аміачний буферний розчин

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$NH_4OH \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4OH + H^+ \rightarrow NH_4^+ + H_2O$$

pH основної буферної системи

Величина pH основної буферної системи

$$\mathrm{pH} = 14 - \left(\mathrm{p}K_{\mathrm{MOH}} + \lg\frac{c_{\mathrm{MA}}}{c_{\mathrm{MOH}}}\right)$$

Після додавання сильної кислоти

$$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_{\mathrm{MOH}} + \lg\frac{y + x}{y - x}$$

Після додавання лугу

$$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_{\mathrm{MOH}} + \lg\frac{y - x}{y + x}$$

y – кількість речовини слабкої основи та її солі у буферній системі, моль;
x –кількість речовини доданої сильної кислоти або лугу, моль

БУФЕРНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ

1. Гідрокарбонатна буферна система:
   H_2CO_3 / $NaHCO_3$
2. Гемоглобінова і оксигемоглбінова буферна система крові:
   HHb / K-Hb і $HHbO_2$ / $K\text{-}HbO_2$

3. Буферна система білків плазми крові:
Pt COOH/ PtCOONa
   Білки (слабкі кислоти) / Протеїнат Na

4. Фосфатна буферна система:
   $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$

Буферна ємність

- Здатність буферного розчину зберігати pH при додаванні сильних кислот або лугів не безмежна і обмежена величиною, яка має назву **буферна ємність**.
- За одиницю буферної ємності прийнято ємність такого буферного розчину, для зміни pH якого на одиницю потрібно введення сильної кислоти або лугу в кількості 1 моль еквівалента на 1 літр буферного розчину.

Буферна ємність

$$B = \frac{C}{\Delta pH_{буф.}}$$

де: C – число молей доданої кислоти або лугу;

ΔpH буф. – зміна pH буфера при додаванні кислоти або лугу

– величина позитивна.

Буферну ємність можна розрахувати як за кислотою, так і за лугом:

$$B = \frac{C_к \cdot V_к}{\Delta pH \cdot V_{буфера}} \quad або \quad B = \frac{C_л \cdot V_л}{\Delta pH \cdot V_{буфера}}$$

Якщо прийняти буферну ємність крові за 100%, то буферні системи організму розподіляються таким чином:

Гідрокарбонатна	Фосфатна	Білкова (білки сироватки)	Гемоглобінова
~ 7 %	~ 1 %	~ 10 %	~ 82 %

Буферна ємність

Буферна ємність залежить від:

- природи та загальних концентрацій компонентів буферного розчину
- співвідношення їх концентрацій:
- чим більша концентрація компонентів та чим ближче відношення кислота/сіль до 1, тим більша буферна ємність.