

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРНОЇ
ТА СПЕЦІАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ

КАФЕДРА РАДІАЦІЙНОГО І ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник (завідувач) кафедри

Радіаційного і хімічного захисту

_____ Віталій_НУЯНЗІН _____

«_____» _____ 20__ р.

Методичні вказівки

**з організації самостійної роботи та контрольні роботи для здобувачів вищої
освіти з навчальної дисципліни**

«Поверхневі явища та дисперсні системи»

за освітньою (освітньо-професійною, освітньо-науковою) програмою

«Радіаційний та хімічний захист »

підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

у галузі знань 16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»

за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

Розглянуто та ухвалено засіданням кафедри

радіаційного і хімічного захисту

протокол № _____ від «_____» _____ 2025 р.

Черкаси – 2025 рік

ВСТУП

Знання отримані під час вивчення навчальної дисципліни «Поверхневі явища та дисперсні системи» дозволяють розуміти основні закони, що описують властивості мікрогетерогенних та ультрамікрогетерогенних систем, їх практичне використання, а також проводити оцінку небезпечних властивостей таких систем, їх поведінку в умовах виробництва та в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. Також підготувати фахівців, здатних застосувати основні колоїдної хімії для підбору складів для дегазації, дезактивації та інших методів спеціальної обробки.

Аудиторні заняття з навчальної дисципліни проводяться згідно затвердженого розкладу. Електронний варіант розкладу розміщується на сайті Університету (<http://rozklad.nuczu.edu.ua/timeTable/group>).

Консультації з навчальної дисципліни проводяться протягом семестру: щосереди з 15.30 до 17.00 в аудиторії № 426. В разі додаткової потреби здобувача в консультації час погоджується з викладачем.

Мета вивчення дисципліни: надання здобувачам вищої освіти відомостей про основні закони дисципліни «Поверхневі явища та дисперсні системи», властивості золів, емульсій, суспензій, аерозолів та пін, їх практичне використання, а також надбання знань, що допоможуть проводити оцінку небезпечних властивостей дисперсних систем, їх поведінку в умовах виробництва та в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. Також отримати знання, які забезпечать здатних застосувати основні колоїдної хімії для підбору складів для дегазації, дезактивації та інших методів спеціальної обробки.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА ТА ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ

Необхідно уявити собі, яке місце займає колоїдна хімія серед інших наук, що вивчають навколишній світ. Особливу увагу треба приділити розумінню значення колоїдної хімії для фахівців з хімічної технології. Це, в першу чергу, питання пов'язані з властивостями речовин, їх термодинамічними та кінетичними параметрами. Велике значення для хімічної технології також мають електрохімічні характеристики органічних та неорганічних речовин і поведінка дисперсних речовин різної природи в розчинах.

Під час вивчення курсу рекомендується такий порядок вивчення. Після прослуховування лекції матеріал необхідно закріпити за допомогою підручника. При цьому особлива увага повинна бути приділена засвоєнню основних понять, термінів і законів. Наступним етапом опанування матеріалу повинно бути засвоєння висновків рівнянь і розв'язанню типових задач. Для закріплення матеріалу треба відповісти на контрольні питання. В разі утруднень під час самостійної роботи з навчальними матеріалами необхідно проконсультуватися у викладача.

ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

ВСТУП

Модуль 1. Фізико-хімічні властивості високодисперсних систем

Тема. 1.1. Вступ. Класифікація і одержання дисперсних систем

Визначення, основні завдання і напрями дисципліни «Поверхневі явища та дисперсні системи». Дисперсність. Поверхневі явища. Питома поверхня. Дисперсна фаза. Дисперсійне середовище. Колоїдний ступінь дисперсності, грубо дисперсні системи. Поверхнева енергія і поверхневий натяг.

Класифікація дисперсних систем за ступенем дисперсності, за характером

руху дисперсної фази, за агрегатним станом, формою частинок і ступенем структурованості. Суспензії, золі, гелі, емульсії, піни, аерозолі, пористі тіла, капілярні системи, ксерогелі. Класифікація дисперсних систем за характером міжмолекулярних взаємодій на межі розділу фаз. Виникнення і руйнування дисперсних систем.

Класифікація методів отримання вільно дисперсних систем. Диспергаційні методи. Ефект Ребіндера. Конденсаційне утворення нової фази: термодинаміка і кінетика. Хімічні методи отримання дисперсних систем. Самочинне диспергування. Стабілізація дисперсій. Отримання зв'язанодисперсних систем.

Значення колоїдної хімії для хімічної технології.

Тема 1.2. Термодинаміка поверхневих явищ. Капілярність.

Класифікація поверхневих явищ. Поверхня розділу фаз. Кривизна поверхні. Когезія і внутрішній тиск. Термодинамічні функції поверхневого шару. Силowe трактування поверхневого натягу. Флотація: пінна, плівкова, масляна. Флотореагенти. Зміна рівня рідини в капілярах. Тиск пари над викривленою поверхнею. Формула Томсона-Кельвіна і наслідки з неї. Формула Гіббса-Фройндліха-Оствальда. Оствальдовське дозрівання осаду. Рівняння Кюри-Вульфа. Реакційна здатність і дисперсність.

Поверхні розділу конденсованих фаз, капілярність. Адгезія. Змочування і розтікання рідин. Зв'язок роботи адгезії з крайовим кутом. Капілярні явища

Тема 1.3. Молекулярна адсорбція на твердій поверхні

Термодинаміка поверхневого шару в багатокомпонентних системах. Фундаментальне адсорбційне рівняння Гіббса. Природа сил, що викликають адсорбцію. Фізична адсорбція і хемосорбція. Адсорбційна рівновага. Мономолекулярна адсорбція. Рівняння Бедекера-Фройндліха. Ізотерма Генрі. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Ступінчаста адсорбція і полімолекулярна адсорбція. Швидкість адсорбції. Динамічна адсорбція. Значення адсорбційних процесів в техніці.

Властивості твердих поверхонь. Класифікація пір. Типи адсорбентів. Полімолекулярна адсорбція газів. Теорія БЕТ. Ізотерми, засновані на рівнянні стану адсорбційного шару. Потенційна теорія Поляні. Капілярна конденсація. Енергетичні параметри адсорбції і змочування. Адсорбція з розчинів. Ізотерма адсорбції з константою обміну. Адсорбційна хроматографія і її застосування.

Промислові адсорбенти їх використання в хімічній технології, для цілей видалення токсичних та радіоактивних речовин, та захисті навколишнього середовища від забруднень.

Тема 1.4. Поверхневі шари і плівки на межі розділу рідина – газ

Поверхнево-активні (ПАР) і поверхнево-інактивні речовини. Поверхнева активність. Рівняння Шишковського. Правило Дюкло-Траубе. Ізотерми мономолекулярної адсорбції на межі рідина-газ. Будова незаповненого і заповненого мономолекулярних шарів. Рівняння стану поверхневого шару. Поверхневий (двовимірний) тиск. Поверхневі плівки. Класифікації плівок

нерозчинних речовин. Хімічні реакції в поверхневих плівках.

Тема 1.5. Оптичні властивості дисперсних систем

Розсіяння світла колоїдними системами. Ефект Тіндалля – Фарадея. Рівняння Релея. Мутність. Поляризація розсіяного світла. Оптичні методи дослідження дисперсних систем: світлова і електронна мікроскопія, дифракція рентгенівських променів, ультрамікроскопія, нефелометрія, турбідиметрія. Рівняння Бугера – Ламберта – Бера. Світлопоглинання колоїдів.

Модуль 2. Стійкість та руйнування вільнодисперсних систем

Тема 2.1. Електричні властивості поверхонь. Адсорбція електролітів

Подвійний електричний шар (ПЕШ). Ізоелектрична точка (ІЕТ). Ізоіонна точка. Механізми виникнення ПЕШ. Правило Фаянса-Панета. Потенціалвизначаючі іони, протиіони, коіони. Рівняння Ліппманна. Електрокапілярна крива. Електрометри. Теорії будови ПЕШ Гельмгольца-Перрена, Гуї-Чепмена, Штерна. Специфічна адсорбція. Адсорбційний потенціал іона. Параметри ПЕШ для сферичної поверхні. Будова ліофобних міцел.

Адсорбція іонів і іонний обмін. Іонообмінники (іоніти): неорганічні і органічні, синтетичні і природні. Іонообмінні смоли. Іонний обмін на вугіллі. Селективність іонного обміну. Застосування іонітів в хімічній технології, для цілей видалення токсичних та радіоактивних речовин, захисті навколишнього середовища. Зм'якшування і демінералізація (опріснення) води. Іонообмінна хроматографія.

Тема 2.2. Кінетичні властивості дисперсних систем.

Неспецифічні властивості колоїдів. Барометрична формула Лапласа і досліди Перрена. Броунівський рух. Дифузія. Рівняння Ейнштейна-Смолуховського. Флуктуації. Седиментація. Дифузійно-седиментаційна рівновага. Седиментація і центрифугування. Центрифуги і ультрацентрифуги. Седиментаційний аналіз дисперсності. Осмотичні властивості колоїдних розчинів. Очищення дисперсних систем. Діаліз. Мембрани. Електродіаліз. Ультрафільтрація. Мембранна рівновага. Очищення води від токсичних та радіоактивних речовин.

Тема 2.3. Електрокінетичні явища

Електрофорез. Електроосмос. Ефекти Дорна і Квінке. Потенціали осідання і течії. Електрокінетичний потенціал (дзета-потенціал ζ). Електрофоретична та електроосмотична рухливість. Рівняння Смолуховського. Поверхнева провідність. Вплив електролітів на ζ -потенціал. Вимірювання ζ -потенціалу.

Тема 2.4. Ліофільні дисперсії. Колоїдні ПАР. Розчини ВМС

Колоїдні ПАР. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ). Будова сферичних міцел іонних ПАР (колоїдних електролітів). Адсорбція ПАР на твердій поверхні. Різновиди ПАР. Явище сольобілізації. Стабілізація прямих і обернених емульсій; мікроемульсії. Числа ГЛБ. Миюча дія ПАР. Використання ПАР в хімічній технології, побуті та в процесах дезактивації та дегазації.

Загальна характеристика ВМС. Набухання і розчинення ВМС. Спільність і

відмінності розчинів ВМС і істинно-колоїдних розчинів. В'язкість розчинів полімерів: рівняння Штаудінгера. Висолювання і коацервація. Поліелектроліти.

Тема 2.5. Ліюфобні дисперсії: агрегативна стійкість і коагуляція

Гідрофобні колоїди і їх коагуляція. Кінетична і агрегативна стійкість. Швидка коагуляція. Рівняння Смолуховського. Чинники, що викликають коагуляцію. Коагуляція золів електролітами і поріг коагуляції. Правило Шульце-Гарді. Класичні теорії коагуляції. Уявлення про розклинювальний тиск і його основні складові. Теорія стійкості Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека. Застосування теорії ДЛФО до трактування коагуляції золів.

Періодичні колоїдні структури. Кінетика повільної коагуляції. Особливі явища при коагуляції. Чинники стійкості. Захисна дія ВМС. Сенсibilізація коагуляції (флокуляція). Флокулянти. Очищення природних вод від колоїдів шляхом флокуляції і взаємної коагуляції. Оборотноість коагуляції. Пептизація.

Тема 2.6. Мікрогетерогенні системи

Аерозолі: тумани, пил, дими. Стійкість і руйнування аерозолів в природі і техніці. Порошки. Суспензії. Перетворення суспензій в пасти і порошки. Розбавлені, концентровані і висококонцентровані емульсії. Стабілізація емульсій. Газові емульсії. Піни. Плівки як елемент пін і емульсій. Кратність і стабільність пін. Використання пін.

Тема 2.7. Структурно-механічні властивості дисперсних систем

Структуровані системи. Гелі. Тиксотропія. Синерезис. Використання гелей для запобігання розповсюдження радіоактивних та токсичних речовин.

Основні поняття реології. В'язкість. Рівняння Ейнштейна. Ньютонівські рідини. В'язкість рідких агрегативно стійких дисперсних систем. Неньютонівські тіла. Рівняння Шведова-Бінгама. Ефективна в'язкість. Реологічні властивості структурованих рідиноподібних і твердоподібних систем.

Утворення і руйнування структурованих систем. Чинники, що визначають міцність структур і механізм структуроутворення. Поняття про фізико-хімічну механіку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мchedlov-Петросян М.О. Колоїдна хімія: підручник / М.О. Мchedlov-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь; за ред. проф. М.О. Мchedlova-Петросяна. – 2-ге вид., випр. і доп. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. – 500 с.
2. Костржицький А.І., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М., Берегова О.М., Фізична та колоїдна хімія. Навч. Пос. – К.: Центр учбової літератури, 2021. – 496 с.
3. В.І. Кабачний, Л.Д. Грицан, Т.О. Томаровська . Фізична та колоїдна хімія. базовий .2-ге вид.,— Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2020. — 432 с.
4. Воловик Л.С., Ковалевська Є.І. та ін. Колоїдна хімія. Підручник - К. , 2021. - 238 с.

Інформаційні ресурси

Електронна база бібліотеки НУЦЗ України.

ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА ТА ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ

Класифікація і одержання дисперсних систем

Специфічні особливості дисперсних систем. Слово “дисперсний” означає роздроблений, розсіяний. Отже, мова йде про системи, у яких речовина перебуває в роздробленому стані. Кількісною мірою роздробленості дисперсної системи є лінійний розмір частинок a (для сферичних частинок – діаметр d), дисперсність

$D = 1/a$ або питома поверхня $S_{\text{вд}}$, тобто міжфазна поверхня, що припадає на одиницю об'єму дисперсної фази. До колоїдних об'єктів відносяться частинки, величина a яких лежить у межах $10^{-7} - 10^{-9}$ м (100 до 1 нм).

Дисперсність і гетерогенність – дві основні ознаки колоїдного стану речовини.

Отже роздрібнене тіло утворює дисперсну фазу, а безперервне середовище, у якому розподілена дисперсна фаза, називається дисперсійним середовищем.

Колоїдні розчини мають деякі характерні властивості:

1. Колоїдні розчини розсіюють світло, тобто опалесціють*. Зокрема, виявляється “ефект Тіндала”, який можна спостерігати в такому досліді: яскраве світло від лампи фокусують за допомогою конденсорної лінзи на кюветі з розчином. При спостереженні збоку чиста рідина або молекулярні розчини видаються оптично “порожніми”, тоді як у випадку колоїдного розчину помітний яскравий конус, що вказує на присутність грубодисперсних частинок, які відбивають світло.
2. Подібно за істинних колоїдні розчини проходять без змін через звичайні фільтри, однак на ультрафільтрах колоїдно розчинена речовина затримується.
3. Для них характерні досить низькі значення колігативних властивостей, що залежать від числа розчинених частинок в об'ємі розчину (зниження тиску пари розчинника над розчином, осмотичний тиск, зниження температури замерзання і підвищення температури кипіння розчину).
4. Дифузія частинок протікає повільно.
5. При електролізі практично вся маса колоїдно-розчиненої речовини збирається біля одного з електродів.
6. При тривалому стоянні колоїдні розчини звичайно стійкі, але можуть осаджуватися у відцентровому полі (у центрифугі) або під дією електролітів.

Класифікація дисперсних систем. Існують такі основні способи класифікації дисперсних систем за різними ознаками:

- 1) за агрегатним станом фаз;
- 2) за ступенем дисперсності;
- 3) за формою частинок;
- 4) за ступенем структурованості;
- 5) за енергією взаємодії фаз (для систем з рідким дисперсійним середовищем).

Способи одержання дисперсних систем. Розміри частинок у дисперсних системах є проміжними між звичайними гетерогенними системами й істинними розчинами. Одержати колоїдні системи можна двома основними шляхами: диспергуванням більш великих частинок або конденсацією окремих молекул істинного розчину.

Тому всі способи одержання дисперсних систем поділяються на дві основні групи: диспергаційні та конденсаційні.

Одним зі способів одержання дисперсних систем фізичною конденсацією є метод заміни розчинника. Для цього беруть тверду речовину, яка практично не розчиняється у воді, і готують досить концентрований або навіть насичений істинний її розчин в етиловому спирті (іноді в ацетоні). Декілька крапель такого розчину вносять у набагато більший об'єм води. У результаті в багатьох випадках утворюється гідрозоль. Таким шляхом можна одержати гідрозолі фосфору, сірки, селену, каніфолі, парафіну, холестерину тощо.

Під час конденсаційного утворення дисперсних систем спочатку відбувається утворення зародків твердої фази, а потім – ріст цих зародків. Для виникнення дисперсної системи необхідно, щоб швидкість утворення зародків перевищувала швидкість їхнього росту.

Будова міцел ліофобних золів. Розглянемо будову типової міцели ліофобного колоїду. Основою міцели електронейтральний агрегат нерозчинної речовини, що складається, як правило, з декількох сотень або тисяч атомів і має кристалічну будову. На поверхні агрегату адсорбуються потенціалвизначальні іони. Агрегат разом з потенціалвизначальними іонами складає ядро колоїдної частинки. Далі знаходиться адсорбційний шар іонів, які заряджені протилежно потенціалвизначальним іонам – щільний шар протиіонів, який частково нейтралізує заряд ядра. Ядро колоїдної частинки разом з адсорбційним шаром протиіонів називається гранулою. Далі йде дифузійний шар протиіонів, що має розміту просторову будову. Міцела в цілому є електронейтральною. Коли говорять про заряд колоїдних частинок, то мають на увазі заряд гранули. Тип протиіонів і потенціалвизначальних іонів залежить від умов одержання даного золю: від складу вихідних розчинів, від порядку зливання, від наявності стабілізаторів й ін. Наприклад, якщо золь AgI одержується зливанням розчинів нітрату срібла і йодиду калію в умовах надлишку іонів Ag^+ , будова міцели буде такою: $\{ m[\text{AgI}] \quad n\text{Ag}^+ \quad (n-x)\text{NO}_3^- \}^{x+} x\text{NO}_3^-$,

Для утворення нової поверхні розділу необхідно затратити роботу проти сил міжмолекулярної взаємодії, тому поверхневий натяг можна визначити, ще й як роботу, що необхідно витратити для утворення одиниці площі поверхні. Згідно з цим визначенням можна записати

$$A = \sigma \cdot s$$

При розчиненні деяких речовин у воді утворюються розчини, поверхневий натяг яких менше ніж у чистої води, такі речовини називаються **поверхнево-активними (ПАР)**. Молекули поверхнево-активних речовин звичайно містять гідрофобний вуглеводневий радикал і гідрофільну групу $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$, $-\text{CN}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{SCN}$, $-\text{CHO}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{SO}_3\text{Na}$ тощо

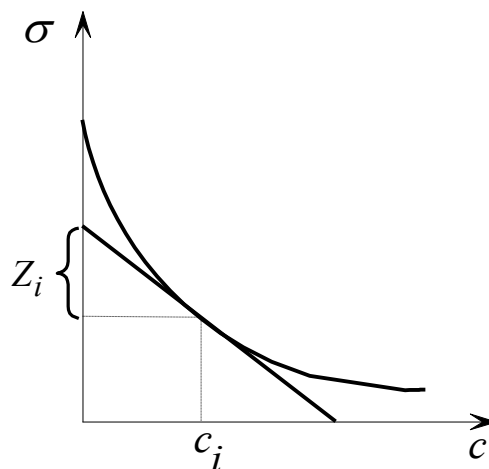


Рис. 4. Залежність поверхневого натягу від концентрації ПАР

Адсорбцією називають самочинну зміну концентрації компонента в поверхневому шарі у порівнянні з об'ємною фазою. Можна дати їй інше визначення: *адсорбція – це згущення розчиненої або газоподібної речовини на поверхні твердого тіла або рідини.*

Електричні властивості поверхонь. Адсорбція електролітів

Утворення *подвійного електричного шару*. Виникнення подвійного електричного шару (ПЕШ) на міжфазних поверхнях є результатом взаємодії дотичних фаз унаслідок надлишкової поверхневої енергії.

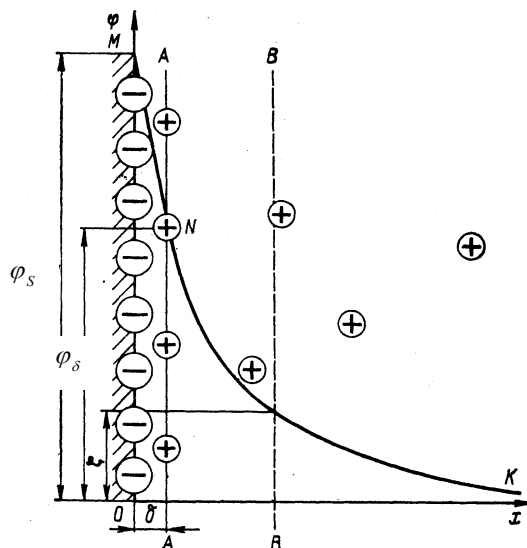


Рис. 5. Схема будови подвійного електричного шару за Штерном

Електричні властивості поверхонь. Адсорбція електролітів

Електрокінетичні явища. ПЕШ на межі розділу дисперсної фази і дисперсійного середовища зумовлює можливість взаємодії дисперсних систем з електричним полем. Ефекти, пов'язані з відносним переміщенням двох фаз під

дією електричного поля або з виникненням різниці потенціалів при переміщенні цих фаз відносно одна одної, називаються *електрокінетичними явищами*.

Електрофорез – явище переміщення частинок дисперсної фази в дисперсійному середовищі під дією зовнішнього електричного поля. Швидкість електрофорезу прямо пропорційна градієнту електричного потенціалу. При електрофорезі, як і при електролізі, можуть відбуватися осідання й розрядження частинок дисперсної фази на електроді.

Будова колоїдних частинок ліофобних золів. Структуру міцели можна записати у вигляді формули $\{m[AgI]nI^{-}(n-x)K^{+}\}^{x-}xK^{+}$ і зобразити схемою (рис.6). Ядро разом з адсорбційним шаром протиіонів утворює саме колоїдну частинку або гранулу.

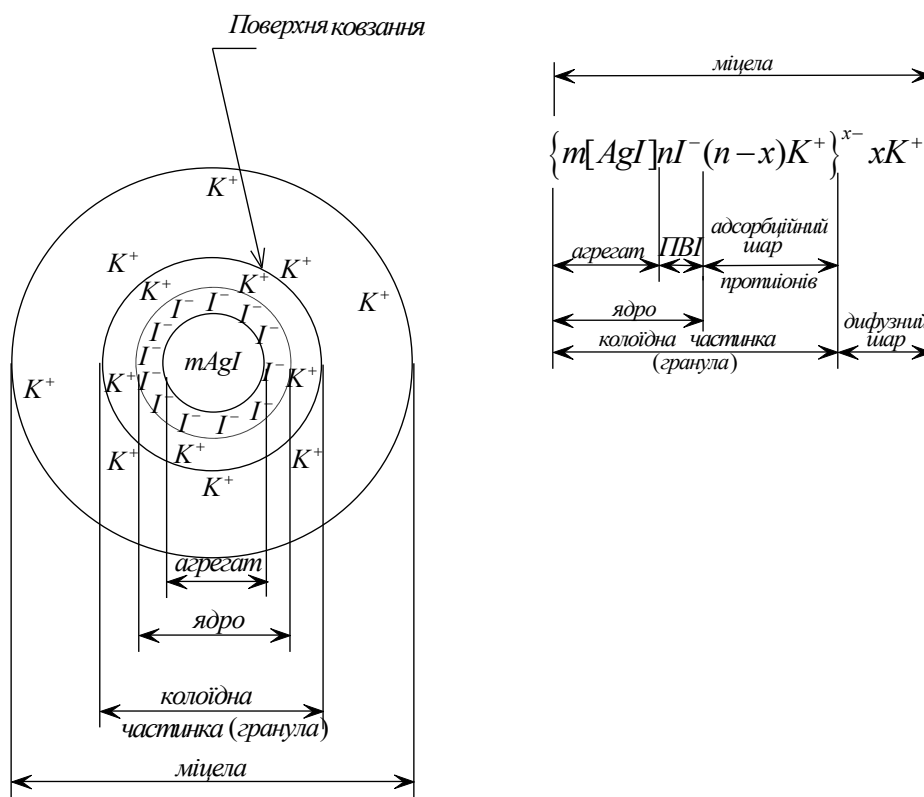


Рис. 6. Схема будови міцели золю йодиду срібла з негативно зарядженими частинками

Оптичні властивості дисперсних систем

При проходженні пучка світла інтенсивністю I_0 через дисперсну систему, яка містить маленькі завислі тверді частинки колоїдного розміру (1 -100 нм), частина світлового потоку розсіюється завислими частинками, а частина - проходить через колоїдний розчин (рис.9):

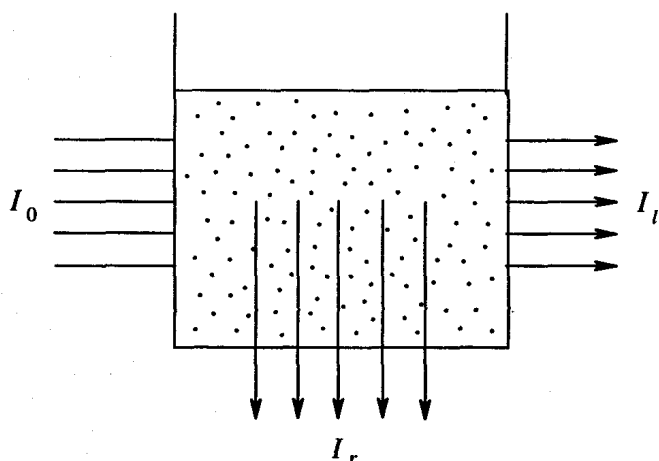


Рис.9. Схема вимірювання світлових потоків в нефелометрії та турбидиметрії.

Кінетичні властивості дисперсних систем

Дисперсні системи з рідким дисперсійним середовищем за характером взаємодії фаз поділяються на *ліофільні* і *ліофобні*. У випадку, коли дисперсійним середовищем є вода, кажуть про *гідрофільні* та *гідрофобні* дисперсні системи. Ліофобні дисперсні системи не утворюються самочинно на відміну від ліофільних. У разі ліофобних колоїдних систем сольватація поверхні частинок розчинником слабка і не може компенсувати надлишкову поверхневу енергію. Тому частинки дисперсної фази можуть злипатися одна з одною в більш великі агрегати. Цей процес називається **коагуляцією**, від латинського *coagulatio* – згортання, згущення. Розрізняють два основні типи стійкості колоїдних систем: *кінетичну (седиментаційну)* і *агрегативну*.

Кінетична стійкість. Під дією сили тяжіння в рідкому або газовому дисперсійному середовищі може відбуватися **седиментація** (осідання) не пов'язаних між собою частинок дисперсної фази. У колоїдних розчинах, частинки дисперсної фази яких мають розміри менші ніж один мікрон, ефект седиментації нівелюється тепловим рухом молекул розчинника, і навіть термодинамічно нестійкі системи іноді осідають роками. Коли частинки дисперсної фази дуже малі, то виникає **седиментаційно-дифузійна рівновага**: дифузія компенсує осідання.

Загальна характеристика ліофільних колоїдних систем.

Дисперсні системи з рідким дисперсійним середовищем відносяться до ліофільних (гідрофільних), якщо їх диспергування в рідкому середовищі є процес самодовільний, енергетично вигідний ($\Delta G_{\text{диспергування}} < 0$). Такі дисперсні системи є термодинамічно стійкими.

Ліофільні дисперсії колоїдних ПАР (

3.2.1. Поняття про колоїдні системи

Однією з важливих хімічних дисциплін є колоїдна хімія – наука про високодисперсне становище речовини. Основною колоїдно-хімічною

характеристикою є **дисперсність**. Систему, утворену з часточок подрібненої речовини, називають дисперсною. Існують системи, в яких подрібнені (дисперговані) речовини і середовище, в якому вони містяться, утворюють гетерогенну суміш. Дисперговані речовини таких систем називають **дисперсною фазою**, а середовище, в якому вони містяться – **дисперсним середовищем**. На властивості рідких дисперсних систем впливає ступінь подрібненості (дисперсності) дисперсної фази. Залежно від розмірів часточок дисперсної фази розрізняють:

- 1) істинні розчини;
- 2) колоїдні розчини;
- 3) грубодисперсні системи.

Істинними розчинами називаються дисперсні системи, в яких молекули або іони твердої речовини рівномірно розподілені серед молекул розчинника. Розчинена речовина і розчинник в істинних розчинах утворюють, єдину однорідну рідку фазу, в якій немає поверхні поділу між дисперсною фазою і дисперсійним середовищем. Однією з характерних особливостей істинних розчинів є те, що механічним способом неможливо розділити розчинник і розчинену в ньому речовину.

Колоїдні системи характеризуються розміром часточок дисперсної фази в межах від 1 до 100 нм. Такі системи іноді називають **золями**, а якщо дисперсна фаза перебуває в рідкому середовищі – **колоїдними розчинами**. Залежно від природи речовини середовища, розрізняють гідрозолі, аерозолі тощо. З погляду термодинаміки більшість колоїдних систем не рівноважні (термодинамічно нестійкі), але з точки зору хімічної кінетики багато таких систем кінетично стійкі.

Залежно від міцності зв'язку часточок дисперсної фази з часточками середовища колоїдні системи поділяють на ліофільні (колоїдні часточки сильно взаємодіють з середовищем) і ліофобні (часточки практично не взаємодіють із середовищем). Якщо середовищем є вода, ліофільні системи називають гідрофільними, а ліофобні – гідрофобними. До ліофобних колоїдних систем належать золі металів, сульфідів металів тощо, до ліофільних – золі білкових речовин, клеї, крохмаль, каучук і деякі інші. Особливістю колоїдних систем є їх сильно розвинена поверхня. Тому для колоїдних систем особливе значення мають поверхневі явища.

В залежності від агрегатного стану всі дисперсні системи поділяють на 9 типів (табл.3). Скорочено тип колоїдної системи записується у вигляді дробу в числівнику якого назва дисперсної фази (т,р,г), а в знаменнику – дисперсійного середовища.

Таблиця 3 – Види дисперсних систем

№	Дисперсна фаза	Дисперсійне середовище	Позначення	Тип системи	Приклади
1	Тверда	Рідка	Т/Р	Золі, суспензії	Дисперсії в природних водах, золі металів
2	Рідка	Рідка	Р/Р	Емульсія	Молоко, нафта
3	Газ	Рідка	Г/Р	Газові емульсії, піни	Мильна піна
4	Тверда	Тверда	Т/Т	Тверді колоїдні розчини	Мінерали, деякі сплави
5	Рідка	Тверда	Р/Т	Пористі тіла, гелі	Вологі ґрунти
6	Газ	Тверда	Г/Т	Пористі тіла, ксерогелі	Пемза, силікагель
7	Тверда	Газ	Т/Г	Аерозолі (пили, дими)	Тютюновий дим, пил
8	Рідка	Газ	Р/Г	Аерозолі (тумани)	Туман, хмари
9	Газ	Газ	Г/Г	Системи з флуктуацією густини	Атмосфера

Колоїдні розчини відрізняються від суспензій порівняно великою стійкістю. Золі можуть зберігатись практично необмежений час без будь-яких змін. Найголовнішою особливістю колоїдних розчинів є їх стійкість у часі, зумовлена двома основними причинами: наявністю електричного заряду у колоїдних часточок і сольватної оболонки з молекул розчинника.

Важливою ознакою колоїдного стану є ефект Тіндаля–Фарадея (розсіювання світла міцелами колоїдної системи). Внаслідок розсіювання світла колоїдні часточки, за якими стежать в ультрамікроскоп, мають вигляд точок, що світяться і перебувають у безперервному хаотичному русі.

3.2.2 Добування колоїдних систем

Утворення колоїдної системи може відбуватися двома шляхами; 1) сполученням (агрегацією) окремих молекул, атомів або іонів; 2) диспергуванням часточок розчиненої речовини до досягнення ними розміру колоїдних. Колоїдні розчини можна добувати як хімічними, так і фізичними методами (проведенням окисно-відновних реакцій, гідролізом, механічним та електричним подрібненням тощо). Для досягнення колоїдного стану системи потрібно не тільки добитися певного ступеня подрібненості речовини, а й забезпечити відповідні умови для збереження цього ступеня подрібненості за допомогою стабілізатора. Стабілізаторами можуть бути електроліти, дисперсійне середовище та інші чинники.

Колоїдні часточки перебувають у безперервному броунівському русі, що забезпечує рівномірність їх розподілу в об'ємі колоїдного розчину.

Для вивчення колоїдних систем велике значення мають явища електрофорезу та електроосмосу. Суть електрофорезу полягає в тому, що під час пропускання постійного електричного струму між електродами, зануреними в колоїдний розчин, колоїдні часточки переміщуються до одного з електродів – катода або анода. **Електроосмос** – це явище протікання рідини через капілярні системи під дією різниці потенціалів електричного поля. Ці явища були відкриті у 1809 р. професором Московського університету Ф. Ф. Рейссом.

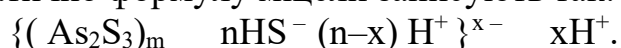
Дослідженням електрофорезу та інших електрокінетичних явищ підтверджена однойменність зарядів часточок дисперсної фази. Цей знак залежить від природи дисперсної фази і дисперсійного середовища. Електричний заряд колоїдних часточок виникає внаслідок адсорбції ними з розчину позитивно або негативно заряджених іонів. Навколо часточок утворюється подвійний електричний шар, внутрішньою оболонкою якого є адсорбовані часточкою іони, а зовнішньою – іони з протилежним зарядом, які є у розчині. Електростатичне відштовхування часточок, заряджених однойменно, заважає часточкам злипатися й випадати з розчину у вигляді осаду.

Знаючи електричні властивості колоїдних систем, можна скласти схему будови часточок ліофобного колоїду. В центрі колоїдної часточки розміщене ядро, яке складається з міцно сполучених між собою молекул або іонів речовини дисперсної фази. Поверхня ядра вкрита адсорбційним шаром, який складається з адсорбованих іонів з надлишком зарядів одного знака. Ядро разом з адсорбційним шаром називають гранулою. Навколо гранули в дисперсійному середовищі можна виділити дифузійний шар, в якому розміщуються гідратовані протиіони відносно іонів адсорбційного шару. Гранулу, оточену дифузійним шаром, називають **міцелю**.

До складу адсорбційної частини подвійного електричного шару входять потенціалвизначальні іони і деяка частина протиіонів. Решта протиіонів утворюють дифузну частину подвійного електричного шару. Швидкість переміщення дисперсної фази в постійному електричному полі визначається величиною електрокінетичного потенціалу на поверхні зміщення, який називається дзета-потенціалом (ξ – потенціалом). Вважають, що знак заряду збігається із знаком заряду твердої поверхні.

Незважаючи на незначну величину дзета-потенціалу (0,001–0,10 В), він відіграє істотну роль у стійкості колоїдних розчинів.

Будову міцели ліофобної колоїдної часточки можна записати схематичною формулою. Наприклад, для колоїдної часточки сульфиду арсену(III) As_2S_3 схематично формулу міцели записують так:



Ядро Адсорбційний шар Дифузний шар

Таку міцелу можна зобразити за допомогою рисунку 17. Для цієї системи потенціалвизначальними є іони HS^- , протиіонами – H^+ . Ліофобні колоїдні системи виявляють тенденцію до взаємодії часточок з утворенням складніших

агрегатів. Процес збільшення розмірів часточок дисперсної фази золю називається **коагуляцією**.

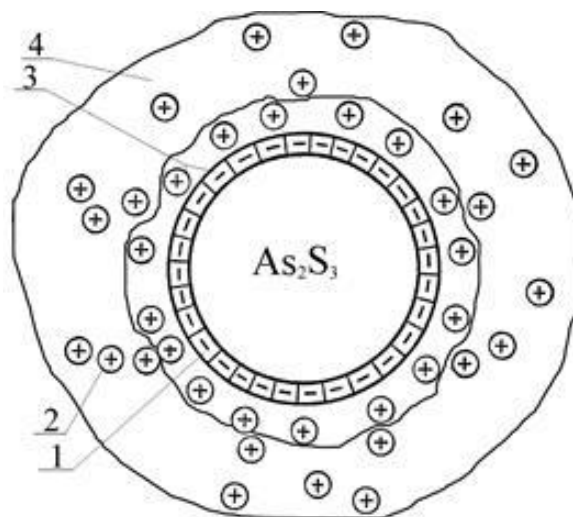


Рисунок 17– Міцела сульфиду арсену(III):

1 – іони HS^- ; 2 – іони H^+ ; 3 – адсорбційний шар; 4 – дифузний шар

Коагуляція може відбуватися під впливом різних чинників: введення електролітів, неелектролітів, зниження температури, кип'ятіння, дія сонячного проміння, перемішування тощо. Якщо під час коагуляції розмір часточок, які утворюються, перебільшує граничний розмір колоїдних міцел, то колоїдна система руйнується і замість неї виникає грубодисперсна система. Особливо чутливі колоїдні системи до коагуляції під дією електролітів. Коагуляція зумовлює поступове осідання часточок і виділення їх з розчину у вигляді осаду. Цей процес називається **седиментацією**.

Ліофільні колоїдні системи відзначаються великою стійкістю завдяки наявності сольватної оболонки міцел, яка заважає їм злипатися. Коагуляція ліофільних золів може відбуватися тільки у разі введення великої кількості електроліту. Іони електроліту віднімають частину молекул розчинника від часточок ліофільного золю. Часточки сполучаються між собою й утворюють тверду нерозчинну речовину – гель. Гелі можуть знову переходити в золь. Зворотний процес переєходу гелю в золь називається пептизацією. Прикладом ліофільного золю є золь силікатної кислоти.

Здатність дисперсних систем зберігати властивий їм ступінь дисперсності називається **агрегативною стійкістю**.

Здатність до утворення ліофільних колоїдних систем характерна для станатної кислоти, желатину, крохмалю тощо. Часточки ліофільного золю хоч і мають сольватну оболонку, адсорбують на своїй поверхні іони електроліту, які є в розчині, і несуть електричний заряд, що також зумовлює високу стійкість ліофільних золів.

Ліофобні золі менш стійкі порівняно з ліофільними. Негативно заряджені часточки ліофобних золів у разі додавання електролітів коагулюють тим краще, чим більша величина заряду катіонів електроліту. Для коагуляції позитивно заряджених часточок золів доцільніше брати електроліти, що утворюють високозаряджені аніони.

Існують загальні правила коагуляції колоїдних систем.

1. Всі електроліти, взяті в певних концентраціях, здатні спричиняти коагуляцію колоїдних систем.

2. Для коагуляції потрібна певна кількість електроліту, що називається «порогом коагуляції».

3. Коагуляція починається поблизу ізоелектричного стану (дзета-потенціал змінюється від максимального значення на поверхні твердої фази до нуля в адсорбційному шарі).

4. Коагулюючим є іон, що має протилежний знак відносно знака заряду колоїдної часточки.

5. Коагулююча дія іонів зростає із зростанням їхніх зарядів.

Колоїдні системи мають велике практичне значення в пожежній охороні. Так, велике поширення мають такі типові колоїдні засоби пожежогасіння як піни, аерозолі, суспензії та емульсії.

Грубодисперсними системами називаються системи, в яких містяться часточки дисперсної фази за розмірами більші, ніж 100 нм. Ці часточки перебувають у рідині в завислому стані. До грубодисперсних систем належать суспензії й емульсії. **Суспензії** – це системи, до складу яких входять часточки твердої речовини, завислі у рідині. Емульсії – це системи, в яких часточки однієї рідини зависають у середовищі іншої рідини. Прикладом емульсії може бути молоко. Для гасіння пожеж запропоновані до використання емульсії деяких речовин (інгібіторів горіння) у воді.

3.2.3 Адсорбція. Поверхнево-активні речовини

Колоїдні системи мають дуже велику поверхню (10^1 – 10^3 м²/г). Частки, що знаходяться на поверхні, мають підвищену енергію у порівнянні з частками, що знаходяться в глибині фази. Тому поверхня речовини має велику інтенсивність поля молекулярних сил. Це приводить до посиленої взаємодії поверхні з частками (молекулами, іонами), що знаходяться в навколишньому середовищі. Це приводить до поглинання поверхнею часток з навколишнього середовища. Явище поглинання однієї речовини поверхнею іншої називається адсорбцією.

Чим вище енергія поверхневого шару, тим більший поверхневий натяг. **Поверхневий натяг (σ)** – це енергія Гіббса (G) одиниці поверхні (S):

$$\sigma = (\partial G / \partial S)_{P, T, n}.$$

Речовини які поглинають поверхнею та знижують поверхневий натяг, – називаються **поверхнево активними речовинами (ПАР)**. Зниження поверхневого натягу підвищує стійкість колоїдних систем і спрощує їх утворення.

Молекули ПАР – це дифільні молекули. Вони складаються з двох частин – полярної ($-\text{COOH}$, $-\text{CH}_2\text{OH}$, NH_2) і неполярного органічного радикалу. Схематично таку молекулу зображують у вигляді кола (полярна група) і рисочки (неполярний органічний радикал). На рисунку 18 схематично показано, як молекули ПАР "оточують" частку жиру, що знаходиться у воді, і переводять її у водну фазу.

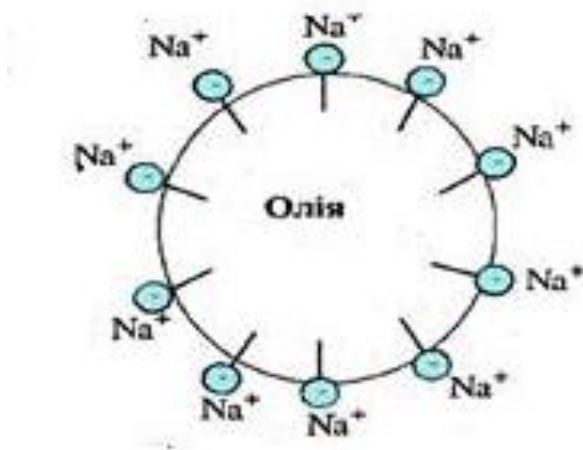


Рисунок 18 – Схема розчинення жиру у воді під дією молекул ПАР

З цього стає зрозумілою миюча дія ПАР. Одним з старіших ПАР є мила – натрієві солі стеаринової або пальмітинової кислоти.

3.2.4 Аерозолі, пили, їх пожежна небезпечність і застосування в пожежній справі

Аерозолями називають системи, в яких дисперсійним середовищем є газ. Аерозолі поділяють на такі класи: тумани (системи рідина/газ); пил – диспергаційні аерозолі (тверда речовина/газ); дим – конденсаційні аерозолі (тверда речовина/газ). Пили можуть знаходитися в осаджуваному і завислому станах. Осаджений пил називається аерогелем, завислий аерозавіслю. Аерозолі речовин, що спроможні горіти, – вибухо- та пожежонебезпечні. Горіння аерозавісів проходить подібно до горіння газо-повітряних сумішей, тобто звичайно у вигляді вибуху. Особливо тяжкі наслідки бувають після вибухів пилу у вугільних копалинах та пилу борошна на підприємствах харчової промисловості.

Суттєвий вплив на властивості пилів чинить **ступінь дисперсності** – це величина, оборотна до середнього розміру частки пилу. Чим більший ступінь дисперсності, тим пожежо- та вибухонебезпечніший пил. На горіння пилів також впливає хімічна активність речовини, з якої утворений пил, його адсорбційна здатність, схильність пилу до електризації.

Аерозолі широко використовуються в пожежній справі. Так, для гасіння пожеж широко застосовуються порошкові вогнегасні суміші (ПВС). **ПВС** – це дрібнодисперсні порошки деяких речовин, що гальмують процес горіння (карбонати та гідрокарбонати лужних металів, фосфати амонію, сульфат калію та

інші). Дисперсність таких порошків досягає 10^5 м^{-1} . Основний вогнегасний ефект ПВС – гетерогенна рекомбінація радикалів, що утворюються під час горіння. В деяких випадках можливо інгібування реакцій горіння парою, що утворюється під час сублімації часток вогне-гасного порошку. Встановлено, що охолоджуючий і розбавляючий ефект для ПВС не мають суттєвого впливу на припинення горіння. Для деяких вогнегасних порошків (фосфатів амонію) одним з суттєвих ефектів вогнегасіння є утворення на поверхні матеріалу, що горить, плівки, яка припиняє надходження повітря до поверхні матеріалу та вихід продуктів термодеструкції з матеріалу.

В останні роки для гасіння пожеж стали використовувати аерозольутворюючі суміші – АУС. АУС – це суміші окисника, пального та вогнегасного порошку. Після запалення цієї суміші відбувається інтенсивна реакція горіння, при якій утворюється велика кількість газів (CO_2 , N_2 , H_2O), котрі, виходячи крізь сопло, розпилюють вогнегасний порошок. При цьому утворюється хмара аерозольного порошку, який гальмує процес горіння.

3.2.5 Піни, їх застосування в пожежогаєнні

Піною називається комірково–плівочна система, окремі бульбочки (комірки) якої пов'язані одна з одною до загального каркасу розділяючими плівками. Бульбочки піни можуть мати великі розміри (декілька сантиметрів), але їх відносять до колоїдних систем. Для утворення стійкої піни необхідна наявність в системі стабілізатора (піноутворювача). В якості піноутворювачей застосовують поверхнево активні речовини. За способом утворення піни поділяють на хімічні та повітряно – механічні. Хімічна піна утворюється під час утворення газу за допомогою якоїсь хімічної реакції (газоутворюючий процес). Вперше піну для гасіння пожеж запропоновано російським вченим Лораном (в 1904 році). В якості газоутворюючої реакції була запропонована така:



В якості першого піноутворювача був запропонований екстракт солодкового кореня. Спочатку використовували окремі піноутворюючі порошки (кислотний – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, лужний – NaHCO_3 + ПАР). Пізніше були запропоновані об'єднані піногенеруючі порошки (суха суміш NaHCO_3 + ПАР + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). В останній час хімічна піна використовується обмежено. В більшості випадків зараз використовується повітряно–механічна піна. В якості піноутворювачів використовуються речовини білкового походження (продукти переробки крові тварин та речовин рослинного походження), штучні ПАР (аніонактивні, катіонактивні, неіонні), фторовані піноутворювачі.

Однією з важливіших характеристик піни є її кратність – відношення об'єму піни до об'єму рідини, з якої вона утворилась. Сьогодні одержані піни з кратністю до декількох тисяч. Важливою характеристикою піни є її стійкість, яка визначається часом існування піни. Найбільш стійкі піни існують від десятків

хвилин до годин. Для підвищення стійкості піни до них додають водорозчинені полімери.

3.2.6 Емульсії та суспензії

Емульсія називається дисперсна система, що складається з двох або більш рідких дисперсних фаз. Умови утворення емульсії – взаємна нерозчиненість двох рідин, що утворюють емульсію. Прикладами емульсій є молоко (емульсія жиру у воді), вершкове масло (емульсія води в жиру), креми, мазі. Для утворення стійкої емульсії обов'язковою умовою є присутність емульгаторів. В якості емульгаторів в більшості випадків застосовують ПАР. Ефективними емульгаторами є мила. В разі відсутності ПАР емульсії швидко руйнуються – розшаровуються. Емульсії утворюються шляхом механічного диспергування (інтенсивного змішування, струшування, дією ультразвуку), а також витискуванням дисперсної фази крізь маленькі отвори під великим тиском.

Велике значення емульсії мають у житті людини. Жири є важливою складовою частиною харчування. Між тим вони не розчиняються у воді, а організм засвоює тільки такі жири, що знаходяться в стані емульсії. Тому добре засвоюються емульговані жири: молоко, вершки, сметана. Інші жири засвоюються в організмі тільки після переходу в стан емульсії під дією холієвих кислот. Миюча дія мила також базується на процесі емульгування забруднень жироподібного характеру при механічній дії.

В пожежній справі емульсії поки що не знайшли широкого застосування. Але запропоновано вживання деяких інгібіторів горіння (фреонів) у вигляді емульсії у воді. Такий засіб пожежогасіння об'єднує переваги води й ефективних інгібіторів горіння.

Суспензії – це грубодисперсні системи, в яких дисперсна фаза – тверда речовина, а дисперсійне середовище рідина. Суспензії використовуються в пожежній справі. Одним з обов'язкових компонентів таких суспензій є активна сіль. Це сіль, яка має вогнегасні властивості (карбонати, гідрокарбонати, фосфати лужних металів або амонію). Суспензії мають підвищену в'язкість порівняно із звичайною водою, тому деякі суспензії використовують при гасінні твердих поверхонь. Такі засоби пожежогасіння повільніше стікають з вертикальних поверхонь, тим самим підвищується ефективність застосування води.

Приклади розв'язання задач.

Задача 1.

Що таке пили? Які фактори впливають на пожежонебезпечність пилів? Чому дорівнює ступінь дисперсності пилу, якщо він складається з часток розміром 0,0002 см?

Розв'язання:

Пил – це дисперсна система, яка створена з газоподібного середовища та твердої дисперсної фази. Пили відносять до аерозолів, в котрих дисперсійним середовищем є повітря. Пили можуть утворюватися при механічному здрибненні твердих речовин, а також методами кристалізації та сублімації. Пили можуть

знаходиться в осаджуваному і завислому станах. Осаджений пил назвається *аерогелем*, завислий - *аерозависсю*. Горіння аерозависей проходить подібно до горіння газоповітряних сумішей, тобто звичайно у вигляді вибуху.

Суттєвий вплив на властивості пилів чинить ступінь дисперсності – це величина оборотня середньому розміру частки пилу ($n=1/a$). Чим більша ступінь дисперсності, тим пил є пожежо – та вибухонебезпечнішим. На горіння пилів також впливає хімічна активність речовини, з якої утворений пил, його адсорбційна здатність, схильність до електризації.

$$n = 1/a = 1/0.0002 = 5000 \text{ (см}^{-1}\text{)}$$

Задача 2.

Визначити енергію Гіббса поверхні 10 г туману води, якщо поверхневий натяг води складає $71,84 \text{ мДж/м}^2$, дисперсність частинок (крапель води) 40 мкм^{-1} , густина води $0,996 \text{ г/см}^3$.

Роз'язання:

Енергію Гіббса поверхні визначається рівняння:

$$G_s = \sigma \cdot S,$$

де $\sigma = 71,84 \text{ мДж/м}^2 = 71,84 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ – поверхневий натяг води, S – площа поверхні крапель.

Зв'язок між питомою поверхнею сферичних крапельок $S_{\text{пит}}$, и площею поверхні S , об'ємом V , дисперсністю D , задається формулою:

$$S_{\text{пит}} = S/V = 6D,$$

Звідкіля маємо:

$$S = 6DV = 6D(m/\rho),$$

де $m = 10 \text{ г} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ – маса води (туману), $\rho = 0,996 \text{ г/см}^3 = 996 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $D = 40 \text{ мкм}^{-1} = 40 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$ – дисперсність.

Отже:

$$S = 6 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot ((10 \cdot 10^{-3})/996) = 2409,6 \text{ (м}^2\text{)},$$

$$G_s = 71,84 \cdot 10^{-3} \cdot 2409,6 = 173,1 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: енергія Гіббса поверхні води - 173,1 (Дж).

Задача 3.

Які системи звуться емульсією ? Наведіть приклади.

Роз'язання:

Емульсією називається дисперсна система, що складається з двох або більш рідких дисперсних фаз. Умови утворення емульсії – взаємна нерозчиненість двох рідин, що утворюють емульсію. Прикладами емульсій є молоко (емульсія жиру у воді), вершкове масло (емульсія води в жиру), креми, мазі. Для утворення стійкої емульсії обов'язковою умовою є присутність емульгаторів. В якості емульгаторів в більшості випадків застосовують ПАВ.

Задача 4.

Що таке колоїдно-дисперсні системи? Визначити тип колоїдно-дисперсної системи: тютюновий дим, пил, димова завіса.

Роз'язання:

Колоїдні системи характеризуються розміром часточок дисперсної фази в межах від 1 до 100 нм. Такі системи іноді називають золями, а якщо дисперсна фаза перебуває в рідкому середовищі – колоїдними розчинами.

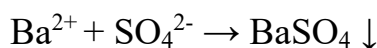
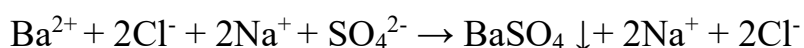
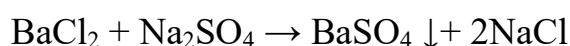
Тип колоїдно-дисперсної системи: тютюновий дим, пил, димова завіса – аерозолі (пили, дими), скорочений запис Т/Г. Аерозолями називають системи, в яких дисперсійним середовищем є газ. Аерозолі поділяють на такі класи: тумани (системи рідина/газ); пил – диспергаційні аерозолі (тверда речовина/газ); дим – конденсаційні аерозолі (тверда речовина/газ).

Задача 5.

Запишіть формули міцел золів, що утворюються за хімічною реакцією $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$, у надлишку кожного з компонентів.

Роз'язання:

Рівняння реакції у молекулярній та порвній і скороченій іонній формах:

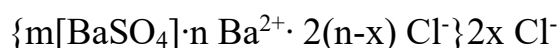


Оскільки в осад випадає BaSO_4 , то саме він буде складати тверду фазу золя. Відповідно до правила Фаянса-Панета, на поверхні кристалічної ґратки BaSO_4 можуть адсорбуватися або іони Ba^{2+} (у випадку надлишку BaCl_2), або іони SO_4^{2-} (у випадку надлишку Na_2SO_4).

Відповідно, у першому випадку проти іонами будуть Cl^- , а у другому випадку – Na^+ .

Пишемо формули міцели золя:

- для випадку надлишку BaCl_2 :

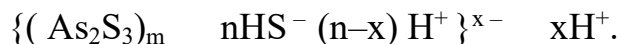


- для випадку надлишку Na_2SO_4 :
- $\{m[\text{BaSO}_4] \cdot n \text{SO}_4^{2-} \cdot 2(n-x) \text{Na}^+\} 2x \text{Na}^+$.

Задача 6.

Записати формулу золю сульфиду арсену(III) As_2S_3 отриману в випадку надлишку сульфід іонів. Дати пояснення просторової структури його.

Роз'язання:



Ядро Адсорбційний шар Дифузний шар

Таку міцелу можна зобразити за допомогою рисунку 17. Для цієї системи потенціалвизначальними є іони HS^- , протиіонами – H^+ .

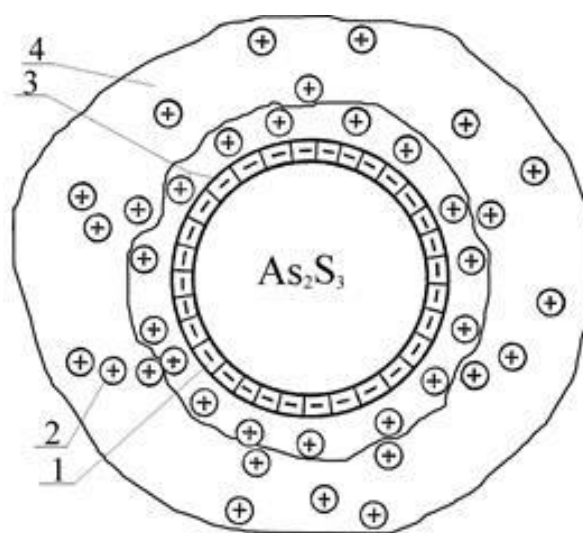


Рисунок 17– Міцела сульфиду арсену(III):

1 – іони HS^- ; 2 – іони H^+ ; 3 – адсорбційний шар; 4 – дифузний шар

Задача 7. Записати формулу золю Йодиду срібла отриману в випадку надлишку йодід іонів. Дати пояснення просторової структури його.

Роз'язання:

.Структуру міцели можна записати у вигляді формули $\{m[\text{AgI}]n\text{I}^- \cdot (n-x)\text{K}^+\}^{x-} \cdot x\text{K}^+$ і зобразити схемою (рис.6). Ядро разом з адсорбційним шаром протиіонів утворює саме колоїдну частинку або гранулу.

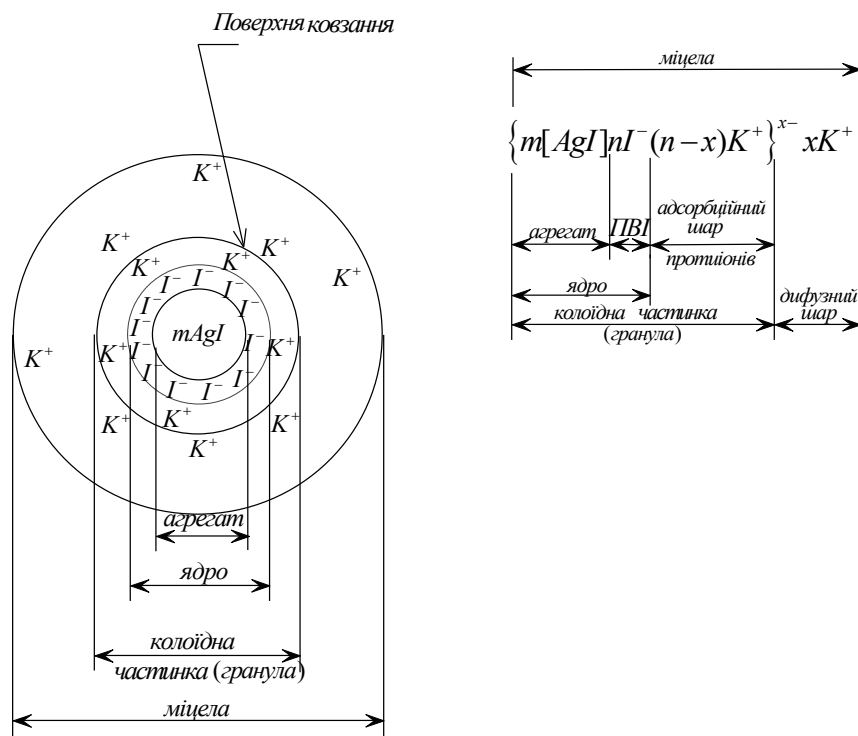


Рис. 6. Схема будови міцели золю йодиду срібла з негативно зарядженими частинками

Задача 8. Представити схему будови подвійного електричного шару за теорією Штерна.

Роз'язання:

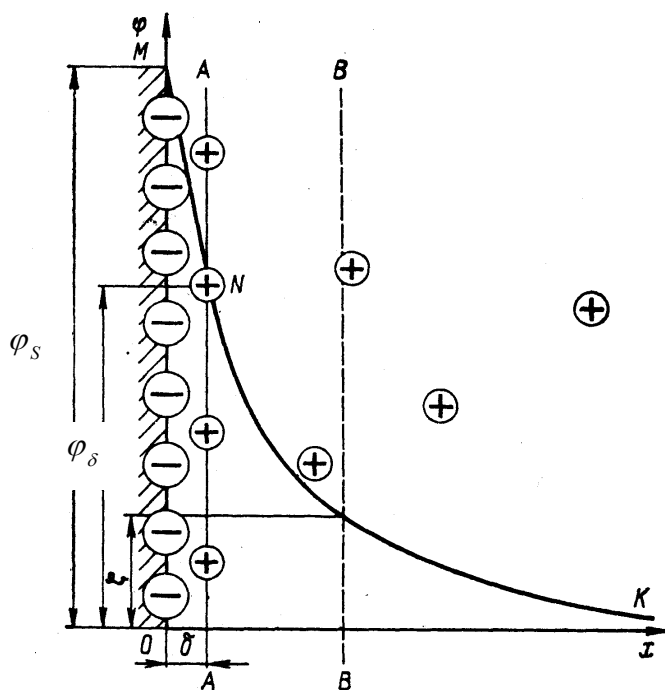


Рис. 5. Схема будови подвійного електричного шару за Штерном

У межах шару Штерна спостерігається прямолінійне зменшення потенціалу зі збільшенням відстані (як у плоскому конденсаторі) від значення φ_s до φ_δ (лінія MN на рис. 5), у дифузійному ж шарі потенціал зі збільшенням відстані зменшується від значення φ_δ до нуля за експоненціальним законом Больцмана (лінія NK на рис. 5)

$$\varphi_x = \varphi_\delta e^{-\kappa x}, \quad (12)$$

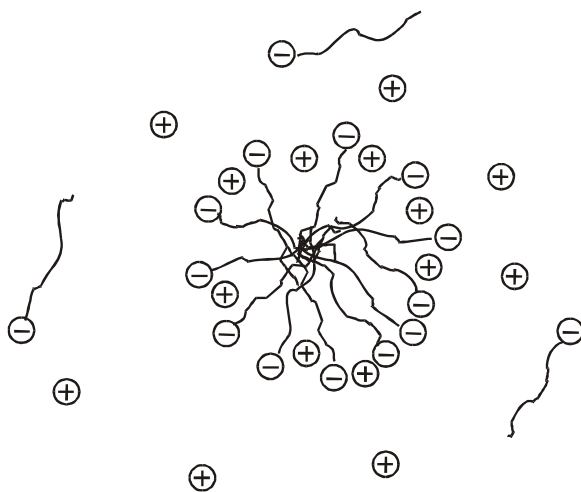
Задача 9. Що таке *Міцелоутворення колоїдних ПАР і яка концентрація називається критичної концентрацією міцелоутворення.*

Роз'язання:

Доказом утворення міцел ПАР є вигин залежностей "властивість – концентрація ПАР". Такими властивостями розчину можуть бути використані питома і молярна електричні провідності, поверхневий натяг, мутність, показник заломлення й інші. Можна вважати, що ККМ – це мінімальна концентрація розчиненого ПАР, при якій можна експериментально знайти колоїдно-дисперсну фазу.

На початковій стадії міцелоутворення (при концентраціях ПАР поблизу ККМ) міцели звичайно мають сферичну форму і колоїдна система практично монодисперсна. При більш високих концентраціях ПАР можливий ріст міцел і зміна їх форми.

Кількість мономерів ПАР, які зв'язані в асоціат, називається числом агрегації, N_{agr} . Для міцел, що утворюються поблизу ККМ, значення N_{agr} , як правило, складає від 20-30 до 100-200, але іноді досягає декількох тисяч.



Будова міцел ПАР. На початковій стадії міцелоутворення у водному розчині, в області концентрацій поблизу ККМ, утворюються сферичні міцели однакових розмірів. На рис. 15 дана будова типової міцели на прикладі аніонної ПАР. Товщина щільної частини подвійного електричного шару (ПЕШ) складає частки нанометрів, дифузійна частина ПЕШ простирається всередину безперервної водної фази на десятки нанометрів.

Рис. 15. Структура міцели аніонної ПАР у воді

Задача 10.

Суспензія кварцу складається з зі сферичних частинок діаметром 10^{-5} м. Яка питома поверхня кварцу?

Роз'язання:

Дисперсність (D) це величина зворотна до розміру частинки. У випадку сферичної частинки характерним розміром є діаметр (d)

$$D=1/d=1/10^{-5}=10^5 \text{ м}^{-1}$$

Задача 11.

Визначити ξ -потенціал частинок кварцу у воді, якщо відомо, що швидкість електрофорезу складає $U_0 = 5 \cdot 10^{-6}$ м/с; $E = 3,5 \cdot 10^2$ В/м; $\varepsilon = 81$; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; $\eta = 1,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Роз'язання

Рівняння Смолуховського

$$\zeta = \frac{\eta \cdot u_0}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E}$$

Задача 12.

При 80°C і концентрації валеріанової кислоти 0,5 моль/л адсорбція складає $3,0 \cdot 10^{-6}$ моль/м². Визначити значення $d\sigma/dc$ для цих умов.

Роз'язання:

Рівняння Гіббса

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$$

Задача 13.

Визначити радіус колоїдної частинки яка осідає в рідкому середовищі зі швидкістю $2,0 \cdot 10^{-4}$ м/с якщо відомо, що в'язкість середовища дорівнює $2,0 \cdot 10^{-3}$ Н·с/м², а густина частинки і рідини складають відповідно $2,6 \cdot 10^3$ і $1,05 \cdot 10^3$ кг/м³.

Роз'язання:

Швидкість осідання частинок не залежить від їхньої природи, а визначається розміром частинок, різницею густин частинок ρ та середовища ρ_0 і в'язкістю середовища η . За законом Стокса, швидкість осідання кулястих частинок з радіусом r дорівнює

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

де g – прискорення сили ваги. Якщо частинки легше середовища (наприклад, краплі масла в емульсіях),

Контрольні завдання

Контрольні завдання виконуються згідно з варіанту який надає викладач.

КР

Варіант	№ завдач
1	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13
2	2, 4, 6, 8, 10, 12, 13
3	1, 2, 4, 5, 7, 9, 10
4	3, 4, 5, 7, 9, 11, 12
5	2, 3, 4, 5, 8, 10, 13
6	3, 5, 6, 7, 9, 10, 12
7	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10
8	2, 4, 6, 8, 10, 11, 13
9	1, 2, 4, 5, 8, 9, 10
10	3, 4, 5, 6, 9, 11, 12

Задачі.

Задача 1.

Які фактори впливають на пожежонебезпечність пилів? Чому дорівнює ступінь дисперсності пилу, якщо він складається з часток розміром 0,0004 см?

Задача 2.

Визначити енергію Гіббса поверхні 8 г туману води, якщо поверхневий натяг води складає $71,84 \text{ мДж/м}^2$, дисперсність частинок (крапель води) 40 мкм^{-1} , густина води $0,996 \text{ г/см}^3$.

Задача 3.

Які системи звуться емульсією? Наведіть приклади.

Задача 4.

Що таке колоїдно-дисперсні системи? Визначити тип колоїдно-дисперсної системи: тютюновий дим, пил, димова завіса.

Задача 5.

Запишіть формули міцел золів, що утворюються за хімічною реакцією $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$, у надлишку кожного з компонентів.

Задача 6.

Записати формулу золю сульфиду арсену(III) As_2S_3 отриману в випадку надлишку арсену(III) іонів. Дати пояснення просторової структури його.

Задача 7. Записати формулу золю броміду срібла отриману в випадку надлишку бромід іонів. Дати пояснення просторової структури його.

Задача 8. Представити схему будови подвійного електричного шару за теорією Штерна.

Задача 9. Міцелоутворення колоїдних ПАР. Яка концентрація називається критичною концентрацією міцелоутворення.

Задача 10.

Суспензія кварцу складається з зі сферичних частинок діаметром 10^{-5} м. Яка питома поверхня кварцу?

Задача 11.

Визначити ξ -потенціал частинок кварцу у воді, якщо відомо, що швидкість електрофорезу складає $U_0 = 7 \cdot 10^{-6}$ м/с; $E = 4,5 \cdot 10^2$ В/м; $\varepsilon = 81$; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; $\eta = 1,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Задача 12.

При 70°C і концентрації валеріанової кислоти 0,6 моль/л адсорбція складає $3,0 \cdot 10^{-6}$ моль/м². Визначити значення $d\sigma/dc$ для цих умов.

Задача 13.

Визначити радіус колоїдної частинки яка осідає в рідкому середовищі зі швидкістю $2,5 \cdot 10^{-4}$ м/с якщо відомо, що в'язкість середовища дорівнює $2,0 \cdot 10^{-3}$ Н·с/м², а густина частинки і рідини складають відповідно $2,6 \cdot 10^3$ і $1,05 \cdot 10^3$ кг/м³.