



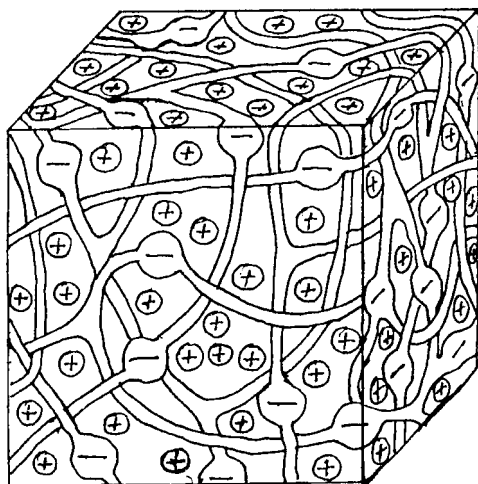
Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

До 75-річчя ХНАДУ

«ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА. ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів спеціальностей
7.070801, 7.092105, 7.092106
за дисципліною “Хімія”



Харків 2005



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

До 75-річчя ХНАДУ

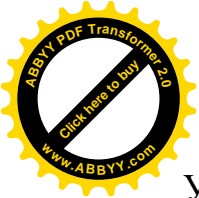
«ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА. ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів спеціальностей
7.070801, 7.092105, 7.092106
за дисципліною “Хімія”

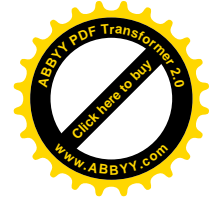
Затверджено
методичною
радою університету
протокол №... від.....

Харків ХНАДУ 2005



Укладачі
кафедра екологіі і хіміі

Е.Б. Хоботова
Л.Д. Маракіна





ВСТУП

Наука про дисперсний стан речовини - колоїдна хімія представляє самостійну наукову дисципліну. Завданнями колоїдної хімії на практиці є - пояснення і вказівка шляхів до пізнання ряду нових технічних процесів. Промисловість пред'являє ряд вимог до застосовуваних матеріалів, вишукуються нові матеріали, властивості яких можуть бути досліджені з погляду їхніх ступенів дисперсності.

Дисперсні системи надзвичайно різноманітні і широко поширені в природі. Дисперсно-хімічні процеси лежать в основі харчування і росту рослинних і тваринних організмів. Зміна структури і поглинаючих властивостей ґрунтів, вивітрювання гірських порід, винос часток мулу і глини ріками, утворення хмар і туманів тісно пов'язані з дисперсними процесами. Ґрунти, з якими мають справу в дорожнім будівництві, являють собою багатофазні дисперсні системи. Фахівець-шляховик повинен добре знати властивості ґрунтів і процеси, що протікають у ґрунтах при введенні до них бітумних і дьогтевих матеріалів, вміти активно впливати на ґрунти, поліпшуючи умови їхньої роботи в спорудженні.

З дисперсними системами ми постійно зустрічаємося в промисловості, сільському господарстві, у побуті. Важко назвати яку-небудь галузь промисловості, у якій не мали б місця дисперсні системи або дисперсно-хімічні процеси. У виробництві штучного шовку (віскозного, ацетатного) і синтетичних волокнистих матеріалів (капрону, лавсану й ін.) найважливіше значення мають такі дисперсно-хімічні процеси, як набрякання, розчинення, студнеутворення, агрегація, коагуляція, осадження, пептизація, адсорбція й ін.

Виробництво будівельних матеріалів (цементу, гіпсу й ін.), видобуток і переробка нафти, збагачення руд методом флотації, виробництво лаків і фарб, папера, сажі, добрив у значній мірі засновано на використанні властивостей різних суспензій і емульсій. У фармацевтичній промисловості багато лікарських речовин виробляються у формі тонких суспензій або емульсій, мазей, паст, кремів. Крім того, деякі матеріали проходять через колоїдний стан у процесі їхнього виготовлення або застосування. Так, наприклад, цемент і багато інших в'язких будівельних матеріалів при схоплюванні і твердінні звичайно проходять через стадію колоїдації. Тому властивості мінералів, будівельних матеріалів, сплавів вивчаються з погляду дисперсності.

При технологічній обробці можна шляхом зміни дисперсності додати різним матеріалам бажані якості. Прикладом глибокої зміни властивостей речовини в колоїдному стані може служити зміцнення синтетичних каучуків деякими високодисперсними порошками. Так, введена в бутадієновий каучук газова сажа підвищує механічну міцність гуми в 10 – 20 разів. Завдяки тому, що каучук, сажа й інші складові при змішуванні перетворюються в



багатофазну колоїдну систему, виявилось можливим одержати високоякісні гумові вироби з натрій-бутадієнового каучуку.

Пропоновані методичні вказівки з розділу курсу загальної хімії «Поверхневі явища. Дисперсні системи» призначається для самостійної роботи студентів дорожньо-будівельного факультету спеціальностей «Екологія й охорона навколишнього середовища», «Автомобільні дороги й аеродроми», «Мости і транспортні тунелі» і може бути використані студентами ряду інших спеціальностей. У зв'язку з тим, що студенти автомобільно-дорожніх інститутів не знайомі з основним курсом фізичної хімії і, з огляду на специфіку спеціальностей, автори прагнули викласти матеріал у найбільш доступній формі, ілюструючи теоретичні положення прикладами, стосовно до профілю інституту.



1. ПОНЯТТЯ ПРО ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ І ЇХНЯ КЛАСИФІКАЦІЯ

Будь-яку речовину - твердого, рідкого або газоподібного стану - можна довести до ступеня більшого або меншого роздрібнювання, здрібнювання. Процес здрібнювання речовини називається диспергуванням, а ступінь здрібнювання речовини - ступенем дисперсності.

Системи, у яких одна речовина є роздріблена і розподілена у вигляді більш-менш дрібних часток у середовищі іншої речовини, називаються дисперсними системами (від латинського *dispergere* - розсіювати). Роздріблена і розподілена речовина називається дисперсною фазою, а те середовище, у якій розподілена дисперсна фаза, називається дисперсійним середовищем. Дисперсні системи вивчає колоїдна хімія. У 1925 р. німецько-австрійський хімік Ріхард Зігмонді одержав Нобелівську премію за встановлення гетерогенної природи колоїдних розчинів.

Існують дві класифікації дисперсних систем: за ступенем дисперсності і за агрегатним станом.

Ступенем дисперсності називається величина зворотна середньому діаметрові часток дисперсної фази:

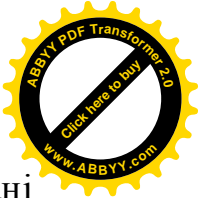
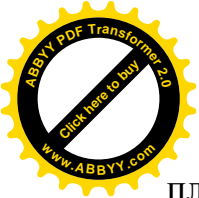
$$D = \frac{1}{2r} .$$

За ступенем дисперсності, тобто за величиною часток дисперсної фази, усі дисперсні системи умовно поділяють на три групи: низько-дисперсні, колоїдно-дисперсні і молекулярно - і іонно-дисперсні системи (табл.1).

З розглянутих трьох груп найбільш всебічному і глибокому вивченню піддалися молекулярно-дисперсні системи, відомі за назвою щирих або молекулярних розчинів. Такі системи є стійкими. Вони відносяться до гомогенних (однорідних) систем.

У дисперсних системах кінетичною і структурною одиницею є не іон і не молекула, а більш високоорганізовані одиниці речовини або у виді агрегатів з порівняно великого числа молекул або атомів, названих міцелами, або у вигляді макромолекул, тобто молекул полімерів "гігантських" розмірів $\sim 10^{-7}$ - 10^{-9} м. Дисперсні системи є гетерогенними системами. Однак, якщо в низько-дисперсних системах частки можна спостерігати за допомогою мікроскопа, то колоїдні частки, з причини їхніх незначних розмірів, не можна знайти навіть за допомогою мікроскопа. Тому колоїдні системи, на відміну від низько-дисперсних, називаються мікрогетерогенними системами.

Якщо всі частки дисперсної фази мають однакові розміри, то такі системи називають монодисперсними. Частки неоднакового розміру дають полідисперсні системи. Форма часток дисперсної фази може бути сферичною,



пластинчастою, паличкоподібною. Якщо частки дисперсної фази не зв'язані один з одним, то система називається вільнодисперсною (рис.1).

Таблиця 1

Класифікація дисперсних систем за ступенем дисперсності

Групи	Число атомів в одній частці	Діаметр часток дисперсної фази	Характеристика дисперсних часток
I	II	III	IV
Грубодис-персні (суспензії: суспензії, емульсії)	$> 10^9$	$>10^{-7} \text{ м}$	Не проходять через паперові фільтри; порівняно швидко осідають (або спливають); не дифундують; видимі в звичайний мікроскоп
Високодисперс-ні (колоїдні розчини або золі)	$10^3 - 10^9$	$10^{-7} - 10^{-9} \text{ м}$	Проходять через паперовий фільтр, але затримуються ультрафільтром; помітно не осідають; дуже слабо дифундують; невидимі в звичайний мікроскоп, але виявляються за допомогою ультрамікроскопа
Молекулярно – і іонно-дисперсні (щирі розчини)	$<10^3$	$<10^{-9} \text{ м}$	Проходять через усі фільтри; не осідають, добре дифундують; не виявляються в ультрамікроскопі

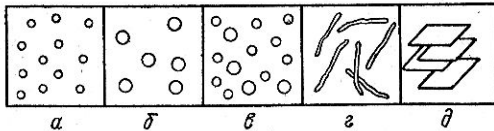


Рис.1. Вільнодисперсні системи:
 (а-в) – корпускулярно-;
 г- волокнисто-; д- плівково-дисперсні;
 а,б – монодисперсні;
 в – полідисперсна система.

Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом.

Усі дисперсні системи класифікують, насамперед, за агрегатним станом кожної з двох фаз, що утворюють систему. Приймаючи за основу три агрегатних стани, дисперсійного середовища - газове (Г), рідке (Ж) і тверде (Т), дисперсні системи класифікують на три типи, з підрозділом кожного типу на класи по трьох агрегатних станах дисперсійного середовища.

Індекси: 1-середовище, 2-фаза

Аерозолі

$\Gamma_1-\Gamma_2$ – не існує дисперсних систем, тому що газу змішуються один з одним у всіх відносинах, утворюючи однофазні системи

$\Gamma_1-\text{Ж}_2$ – тумани

$\Gamma_1-\text{T}_2$ – пил, дим



Ліозолі

Ж₁-Г₂ – рідкі піни

Ж₁-Ж₂ – емульсії

Ж₁-Т₂ – суспензії і колоїдні розчини (низько- і високодисперсні)

Літозолі

Т₁-Г₂ – тверді піни: пінопласти, шлак, пемза, хліб

Т₁-Ж₂ – натуральні перли (CaCO₃ + H₂O)

Т₁-Т₂ – бетон, металокераміка, сплави, емалі, дорогоцінні камені, кольорове скло.

Дисперсної системи, утвореної двома газами (газоподібне в газоподібному), не існує. Ці системи можуть бути тільки гомогенними (неколоїдними), тому що в них відсутня поверхня розділу між газами. Найбільш вивченими і маючими найбільше практичне значення з восьми класів дисперсних систем є ліозолі, тому надалі будуть розглядатися саме ці системи. Ліозолі (рідкі золі) або власне колоїдні розчини в залежності від хімічного складу їхнього дисперсійного середовища поділяються на гідрозолі, якщо дисперсійним середовищем є вода й органозолі, якщо дисперсійним середовищем є яка-небудь органічна рідина.

2. МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

Для одержання і тривалого існування золів потрібні наступні умови:

1) наявність двох взаємно нерозчинних компонентів, як умова утворення двох складових систем - дисперсної фази і дисперсійного середовища;

2) доведення речовини дисперсної фази до колоїдного ступеня дисперсності ($10^{-7} - 10^{-5}$ см);

3) невисока концентрація дисперсної фази;

4) наявність стабілізатора, що сприяє стійкості золячи.

У залежності від того, якими шляхами досягається колоїдний ступінь дисперсності, методи одержання колоїдних систем підрозділяються на дві групи:

1) методи диспергування (роздрібнення), засновані на роздрібненні більш-менш великих утворень до часток колоїдного розміру;

2) методи конденсації (агрегації), якщо колоїдний ступінь дисперсності досягається шляхом з'єднання атомів, іонів і молекул у більш великі частки колоїдних розмірів.

На рис.2 представлена схема одержання колоїдних розчинів по методу диспергування і конденсації.

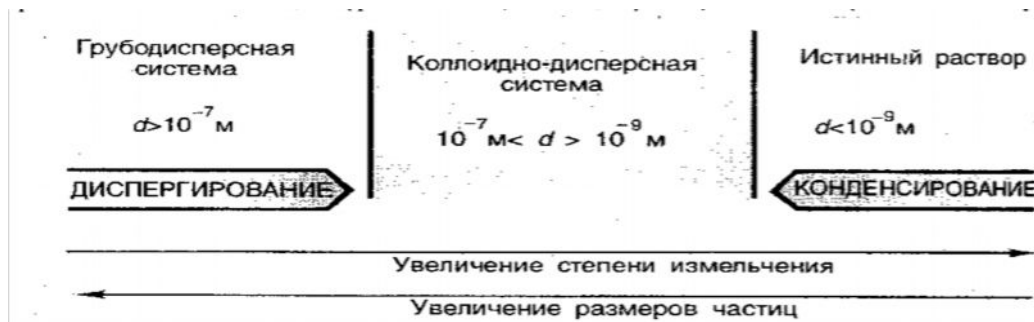


Рис. 2. Методи одержання дисперсних систем.

2.1 Диспергування

Методи, застосовувані для диспергування, підрозділяються на три групи. **Метод механічного диспергування** полягає в енергійному роздрібненні речовини дисперсної фази й у змішуванні його з рідиною, що служить дисперсійним середовищем, а також у додаванні стабілізатора.

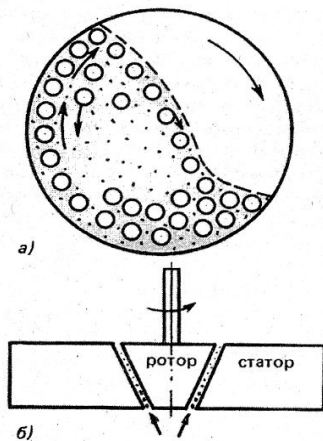
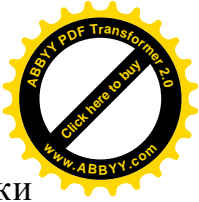


Рис.3. Улаштування млинів: а- кульового; б- колоїдного.

Прилади і машини, що застосовуються для цієї мети, працюють на принципі стирання, роздавлювання або удару. Досить високий ступінь роздрібнення досягається за допомогою кульових млинів. Кульовий млин працює на принципі удару і стирання і уявляє собою порожній циліндр, у якому знаходиться відоме число сталевих або порцелянових куль (рис. 3а). У циліндр матеріал завантажується в сухому або мокрому вигляді. Потім циліндр приводиться в обертання. Під впливом відцентрової сили кулі притискаються до стінки циліндра і унаслідок виникаючого тертя піднімаються на деяку висоту. У той момент, коли сила ваги перевищує силу тертя і відцентрову силу куля падає й ударом дробить матеріал. Разом з тим кулі, перекочуючи, роблять також і стирання матеріалу.

Дуже тонке роздрібнення (до 0,1 - 1мкм) досягається на спеціальних колоїдних млинах (рис. 3б). Цей пристрій представляє міцний металевий циліндр, усередині якого містяться два диски з гладко відшліфованою поверхнею. Нижній диск укріплений нерухомо, а верхній дуже швидко обертається (10000-20000 об/хв). Диски розташовані так, що між ними залишаються лише дуже маленькі зазори. У порожню вісь насосом нагнітається суспензія речовини в якій-небудь підходящій рідині, наприклад, завись графіту у воді або олії. Частки суспензії потрапляють у зазори між дисками. Тут вони випробують дуже сильний механічний вплив і роздрібнюються. Через отвір унизу рідина іде в особливий проміжний

Дуже тонке роздрібнення (до 0,1 - 1мкм) досягається на спеціальних колоїдних млинах (рис. 3б). Цей пристрій представляє міцний металевий циліндр, усередині якого містяться два диски з гладко відшліфованою поверхнею. Нижній диск укріплений нерухомо, а верхній дуже швидко обертається (10000-20000 об/хв). Диски розташовані так, що між ними залишаються лише дуже маленькі зазори. У порожню вісь насосом нагнітається суспензія речовини в якій-небудь підходящій рідині, наприклад, завись графіту у воді або олії. Частки суспензії потрапляють у зазори між дисками. Тут вони випробують дуже сильний механічний вплив і роздрібнюються. Через отвір унизу рідина іде в особливий проміжний



збірник, а потім знову повертається в млин. Так продовжується доти, поки частки не досягнуть бажаного розміру. Процеси диспергування ведуть при додаванні стабілізуючих речовин, що перешкоджають злипанню роздрібнених часток.

Колоїдні млини використовуються у різних виробництвах. Вони надають можливість одержання високодисперсних суспензій і стійких емульсій (фармацевтичних і косметичних препаратів, харчових емульсій, технічних емульсій, зокрема бітумних, наповнювачів і т.п.).

Процеси механічного диспергування відіграють велику роль у природі - в утворенні природних колоїдів - при обвалах, вивітрюванні, ерозії ґрунтів, замерзанні води в тріщинах та ін.

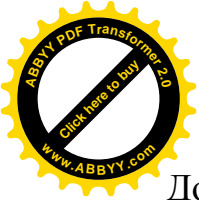
Метод електричного диспергування заснований на утворенні електричної дуги від джерела постійного струму між електродами, виготовленими у виді дротиків з диспергуемого металу і поміщеними під водою. Це призводить до розпилення металу й у воді утвориться золь цього металу. Сутність методу електричного розпилення полягає в тому, що, з одного боку, відбувається відрив дрібних часточок від електродів, з іншого боку - під впливом високої температури електричної дуги утворюються пари металу, що конденсуються і ведуть до утворення колоїдних часточок. З цього погляду метод електричного розпилення можна розглядати одночасно як дисперсійний, і як конденсаційний.

Метод ультразвуку полягає в дробленні речовини, що знаходиться в дисперсійному середовищі, під дією високочастотних ультразвукових хвиль, що мають частоту коливань більш 20 тис/с. При проходженні звукової хвилі в рідині відбуваються місцеві стиски - розширення, що створюють зусилля, що розриває, і ведуть до диспергування зважених часток. Метод ультразвуку знаходить досить широке промислове застосування для одержання суспензій, емульсій, а також колоїдних розчинів барвників, графіту й ін.

Якщо пропускати ультразвукові хвилі через суміш олії з водою, то частки суміші приходять у сильний коливальний рух, дробляться і, перемішуючи, утворюють емульсію олії у воді. Подібним же чином утвориться емульсія ртуті у воді. Крім емульгуючої дії ультразвук робить на тверді речовини і диспергуючу дію. Так, при диспергуванні в рідинах смоли, гіпсу, сірки були отримані системи з частками колоїдних розмірів. За допомогою ультразвуку одержують колоїдні розчини металів.

2.2 Конденсаційні методи

Конденсаційні методи в порівнянні з диспергуванням більш різноманітні і найбільш уживані на практиці. Конденсаційні методи можна поділити на дві групи: методи фізичної конденсації і методи хімічної конденсації. До першої групи відносяться утворення колоїдних розчинів шляхом різкої конденсації пари або шляхом різкого зменшення розчинності.



До другої групи відносяться процеси, у яких колоїдні розчини виходять у результаті тієї або іншої хімічної реакції.

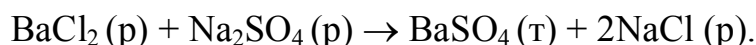
Методи фізичної конденсації. Метод конденсації пар. Найпростішим прикладом утворення колоїдних систем шляхом конденсації пари може служити утворення атмосферного туману при конденсації вологи повітря в результаті його охолодження. При пропущенні пару, наприклад, що кипить ртуті в холодну воду, що містить стабілізуючі електроліти (солі амонію), утвориться стійкий золь ртуті. У такий же спосіб можна одержувати золі селену і сірки.

Метод заміни розчинника. Щоб одержати колоїдний розчин з якого-небудь молекулярного розчину, повинні бути створені такі умови, при яких розчинність речовини різко знизиться. Найпростіший спосіб - заміна розчинника, тобто додавання іншої рідини, що є для цієї речовини поганим розчинником і разом з тим добре змішується з вихідним розчинником. Так, наприклад, при уливанні спиртового розчину каніфолі у велику кількість води, у якій каніфоль нерозчинна, утвориться прозорий опалесцентний золь.

Інший приклад. Якщо у воду, помішуючи, додавати по краплях спиртовий розчин, що містить ефірні олії (одеколон, парфуми), то утвориться мутнуватий, дуже стійкий золь. Таким методом можна одержувати високодисперсні колоїдні розчини багатьох речовин, наприклад, сірки, селену, фосфору, мастики.

Методи хімічної конденсації. Реакції, що застосовуються для процесу хімічної конденсації, досить різноманітні за своїм хімічним характером. За типом реакції, що протікає, розрізняють методи: подвійного обміну, гідролізу, відновлення, окислювання й ін. Стабілізатором звичайно є одна з речовин, що вступають у реакцію.

Реакції подвійного обміну. Стійкість золів залежить від концентрації присутніх електролітів. Тому стійкість золячи, отриманого шляхом реакції подвійного обміну, у значній мірі залежить від природи другого продукту реакції. Якщо підібрати реакцію так, щоб другий продукт не був електролітом або був слабким електролітом, то створюються сприятливі умови для виникнення золячи. Прикладом такої реакції є одержання золячи сульфату барію:



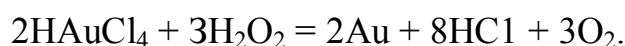
Гідроліз. Гідролізом найчастіше користуються для одержання золів гідроксидів металів. Кращі умови гідролізу - невисока концентрація солі і нагрівання розчину. Так, доливаючи до киплячої води по краплях 2%-вий розчин хлорного заліза, одержують яскраво-червоного кольору колоїдний гідроксид заліза по реакції:





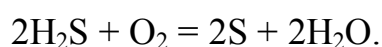
Щоб додати колоїдному розчинowi стійкість, треба швидко видалити з нього електроліт HCl. У той же час при проведенні безпосередньої взаємодії між сіллю заліза (III) і лугом утвориться грубодисперсний золь, тому що уводиться велика кількість OH⁻-груп.

Відновлення. Відновлення є найважливішим хімічним методом для одержання простих тіл у стані колоїдного розчину. Як приклад можна привести одержання гідрозолів золота з розчину H₂AuCl₄ шляхом відновлення, наприклад, перекисом водню, формальдегідом по реакції:



Шляхом відновлення одержують золі Ag, Pt, Hg, Cu, Se, Te.

Окислювання. Метод окислювання застосовується для одержання золів сірки і селену дією кисню на сірчистий і селенистий водень:



3. МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ

Колоїдні розчини при їхньому утворенні майже завжди "забруднюються" різними домішками, найчастіше електролітами. Для одержання золів у чистому вигляді необхідно видаляти домішки, тому що присутність надлишкових кількостей електролітів сильно знижує їхню стійкість. Найбільш розповсюдженими методами очищення колоїдних розчинів від домішок є діаліз і ультрафільтрація.

Діаліз. Діалізом називається процес очищення колоїдних розчинів від молекулярно-іонних домішок розчинених речовин, заснований на різниці у швидкостях дифузії істинно- і колоїдно-розчинених речовин через напівпроникну перегородку. Для цілей діалізу застосовують тваринні і рослинні перетинки, мембрани з колодію і целофану, керамічні пористі матеріали й ін. Різноманітні прилади для діалізу називаються діалізаторами. Найпростіший прилад для діалізу зображений на рис. 4 і являє собою, судину, у якої нижній отвір затягнутий мембраною. У судину наливають колоїдний розчин, що підлягає очищенню, після чого він занурюється в іншу судину, наповнену чистою водою. Молекули й іони легко проникають через мембрану в розчинник, при постійній зміні якого можна очистити колоїдний розчин від домішок.

Для більш швидкого і повного очищення колоїдів від електролітів у виробництві застосовують так названий електродіаліз. Це діаліз із застосуванням постійного струму, здійснюваний у електродіалізаторі (рис.5). Останній являє собою судину, розділену двома мембранами на три частини. У середню частину поміщають колоїдний розчин. У бічних частинах, через які пропускається чиста вода, знаходяться електроди.

При замиканні струму іони електроліту безперешкодно проходять через мембрану, а колоїд залишається в середній частині. Електродіаліз дозволяє за кілька годин закінчити очищення колоїдного розчину. У виробничих умовах діалізом очищають від солей клей, желатин, барвники, силікагель, що дублять речовини й інші технічно важливі матеріали.

Ультрафільтрація. Ультрафільтрацією називається процес відділення дисперсної фази від дисперсійного середовища шляхом фільтрування колоїдних розчинів через напівпроникні мембрани. При ультрафільтрації колоїдні частки залишаються на ультрафільтрі (мембрані), а фільтрат, що містить електроліти, переходить у розчинник. Для прискорення ультрафільтрацію проводять під тиском. Шляхом ультрафільтрації можна робити і концентрування золів.

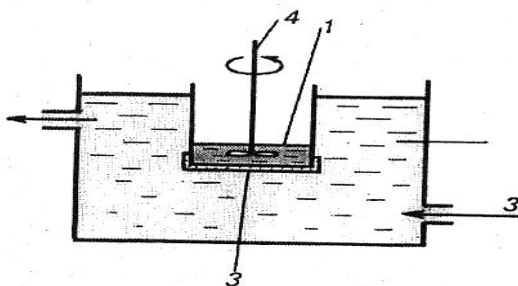


Рис. 4. Схема діалізатора:
1- діалізуемий розчин;
2- розчинник; 3- мембрана;
4- мешалка.

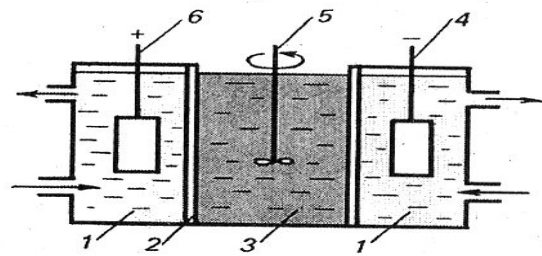


Рис.5. Схема електродіалізатора:
1- розчинник; 2- мембрана;
3- діалізуемий розчин;
4- катод; 5- мешалка; 6- анод.

4. МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНІ Й ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

4.1 Дифузія і седиментація

Дифузія в дисперсних системах. Дифузією називається процес вирівнювання концентрації часток по всьому обсязі розчину під впливом теплового або броуновського руху. Процес дифузії завжди необоротний. Розчинена речовина прагне рухатися від місць з більшою концентрацією до місць з меншою концентрацією, процес йде до повного вирівнювання концентрації. Явище дифузії властиво всім дисперсним системам, починаючи від молекулярно-дисперсних до систем з видимими в звичайний мікроскоп частками. Швидкість дифузії часток у колоїдних системах у багато разів менше, ніж у щирих розчинах. Швидкість дифузії зростає в міру підвищення температури і зменшується в міру збільшення в'язкості середовища і розміру часток.



Седиментаційна рівновага. Під дією сили ваги колоїдні частки незалежно від їхньої природи осідають на дно; цей процес називається седиментацією. Осіданню часток протидіє дифузія. У випадку більш великих часток дія сили ваги виявляється переважною, і вони з більшою або меншою швидкістю осідають на дно судини. Для часток же більш дрібних швидкостей дифузії достатня для запобігання осідання на дно, тобто сила ваги врівноважується дифузією. Тому в колоїдних розчинах і в суспензіях з досить малими частками, розміри яких не перевищують десятих часток мікрона, під впливом сили ваги встановлюється рівновага, що називається седиментаційною рівновагою. Вона характеризується поступовим зменшенням концентрації від дна судини до верхніх шарів розчину.

Зміна концентрації з висотою за інших рівних умов тим більше, чим більше маса часток. Для полідисперсних систем, наприклад, суспензій, що містять частки різних розмірів, для великих часток спостерігається більш сильна зміна концентрації з висотою, чим для дрібних часток. Отже, при рівновазі середній розмір часток суспензії у верхній частині судини буде менше, ніж у нижній.

Системи, частки яких не осідають помітно під дією сили ваги, називаються седиментаційно (кінетично) стійкими. Седиментаційно стійкі всі колоїдні системи, тому що розмір їхніх часток дуже малий і сила ваги невелика. Седиментаційно стійкі також дисперсні системи з розміром часток менш одного мікрона.

Усі грубодисперсні системи, розмір часток яких більш одного мікрона, седиментаційно (кінетично) хитливі. Грубодисперсні системи з часом розшаровуються на висококонцентрований шар дисперсної фази і на шар чистого дисперсійного середовища.

При седиментації суспензій можуть спостерігатися два різних випадки. В одному випадку кожна частка осідає окремо, не зчіплюючись з іншими, осідання відбувається повільно. В іншому випадку частки суспензії коагулюють, зчіплюються один з одним під дією молекулярних сил і осідають у вигляді цілих пластівців; осідання проходить дуже швидко. Такі системи називаються агрегативно хитливими.

Швидкість осідання (швидкість седиментації) часток прямо пропорційна квадратові їхнього діаметра.

4.2 Оптичні властивості колоїдних систем

Світлорозсіювання. Характерні оптичні властивості типових колоїдних розчинів обумовлюються їхньою гетерогенністю. Давно було помічено, що багато розчинів, що здаються в минаючому світлі зовсім однорідними, при розгляді у відбитому світлі виявляють велику або меншу мутність, тобто опалесцують.



Відомий фізик Тіндаль у 1868 р. показав, що при проходженні яскравого пучка променів світла через зовсім прозорий колоїдний розчин, шлях його видний у вигляді опалесцентної смуги при спостереженні збоку на темному тлі. Це явище одержало назву ефекту Тіндаля. Інтенсивність світлорозсіювання залежить від ступеня дисперсності. Область максимального світлорозсіювання лежить саме в інтервалі ступенів дисперсності, характерних для колоїдних систем. Крім того, на оптичне поведіння системи впливає і форма часток (сферичні, пластинчасті, паличкоподібні).

5. ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА І СОРБЦІЯ

На поверхні розділу фаз знаходиться значний запас особливого виду енергії - так називаної вільної поверхневої енергії. Величина вільної поверхневої енергії за інших рівних умов пропорційна величині поверхні розділу і, отже, зростає в міру збільшення ступеню роздробленості речовини.

Поверхневі явища - це процеси, що відбуваються на границі розділу фаз і обумовлені особливостями складу і будови поверхневого шару. Вони уявляють великий як теоретичний, так і практичний інтерес. На них, зокрема, засновані збагачення руд флотацією, змащення, фарбування, поглинання шкідливих газів і водяних пар, одержання стійких емульсій, пін і ін.

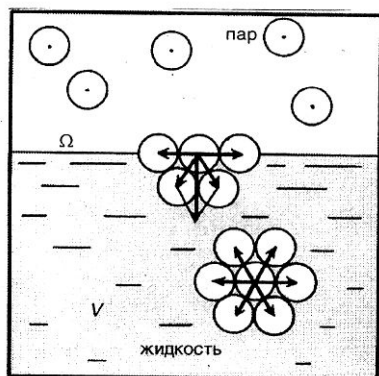
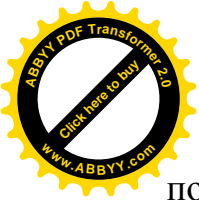


Рис.6. Міжмолекулярні сили, які діють на молекулу в поверхневому шарі і в обсязі рідини.

Поверхневий натяг. Усі поверхні розділу в залежності від агрегатного стану граничних фаз поділяють на два типи: 1) рухливі поверхні розділу між рідиною і газом і двома рідинами, що не змішуються; 2) нерухомі поверхні розділу між твердим тілом і газом, твердим тілом і рідиною, твердим тілом і твердим тілом. Усяка поверхня розділу різко відрізняється за своїми фізико-хімічними властивостями від внутрішніх частин

обох фаз, що граничать. На поверхні розділу фаз є надлишок вільної поверхневої енергії, джерелом якої є ненасиченість силового поля молекул поверхневого шару. Молекули в шарах рідин і твердих тіл, що безпосередньо прилягають до поверхонь розділу, знаходяться в особливо енергетичному стані. Ці шари різко відрізняються за багатьма фізико-хімічними характеристиками (питомої енергії, щільності, в'язкості, електричній провідності й ін.) від властивостей фаз у глибині їхнього обсягу. Відмінності зв'язані з визначеною орієнтацією молекул у поверхневих шарах і іншому енергетичному стані їх у порівнянні з молекулами в обсязі. На рис.6



показана границя розділу рідина - газ. Молекули, що знаходяться усередині рідини, випробують однакове в усіх напрямках притягання з боку всіх навколишніх сусідніх молекул. У молекул же поверхневого шару не всі сили молекулярного зчеплення компенсовані, тому що в газоподібній фазі молекули відлучені одна від одної на великі відстані і діючі між ними сили взаємного притягання незначні. Отже, усі молекули, що знаходяться на поверхні розділу рідини і газу, випробують притягання тільки з боку рідкої фази. Вони прагнуть втягтися усередину рідини, унаслідок чого поверхня розділу рідини зменшується. Під внутрішнім тиском рідини розуміють силу притягання між молекулами рідини в її обсязі. Величина внутрішнього тиску рідин, особливо полярних, дуже велика, порядку 10^8 Па. Сили притягання, рівні внутрішньому тискові, утягують молекули рідини з поверхні в глиб обсягу, зменшуючи площу поверхні до мінімально можливої за даних умов. Цим пояснюється куляста форма дрібних крапель рідини. Для того щоб створити нову поверхню розділу, наприклад, розтягання рідини в плівку, треба затратити роботу проти сил молекулярного зчеплення. Поверхневий натяг σ є величина, вимірювана поверхневою енергією, що приходить на одиницю площі поверхневого шару. Він чисельно дорівнює роботі, яку необхідно зробити для утворення одиниці поверхні розділу фаз при постійній температурі. Його звичайно позначають буквою σ і вимірюють у дин/см або ерг/см².

Вільна поверхнева енергія F дорівнює добутковій величині площі поверхні S на поверхневий натяг σ :

$$F = \sigma S.$$

Як відомо з термодинаміки, умовою стійкої рівноваги системи є мінімум вільної енергії. При незмінній поверхні розділу фаз вільна поверхня енергії може бути зменшена за рахунок зменшення поверхневого натягу ($\sigma \rightarrow \min$). Процеси, що зменшують поверхневий натяг, також є мимовільними. Одним з таких процесів є адсорбція - концентрування речовини на поверхні розділу фаз.

Живі організми являють собою системи з дуже розвитими поверхнями розділу, до яких відносять шкірні покриви, поверхня стінок кровоносних судин, слизуваті оболонки, клітинні мембрани, мембрани ядер, мітохондрій і т.п. Так, наприклад, поверхня шкіри дорослої людини складає $1,5 - 1,6$ м², площа поверхні еритроцитів усієї крові людини складає $2500-3800$ м², площа поверхні капілярів печінки - близько 400 м², площа поверхні альвеол - близько 1000 м², поверхня кістяка - близько 2000 км² і т.п.



5.1 Поверхнево-активні речовини

Розчинені речовини можуть підвищувати, знижувати і практично не впливати на поверхневий натяг рідин.

1) Речовини, при розчиненні яких знижується поверхневий натяг на границі розділу фаз, називають поверхнево-активними речовинами (ПАР). Здатність речовини знижувати поверхневий натяг даної границі розділу фаз називають поверхневою активністю. Стосовно води ПАР є спирти, кислоти аліфатичного ряду, складні ефіри, білки й ін.

2) Якщо розчинена речовина незначно підвищує поверхневий натяг розчинника, то такі речовини називають поверхнево-інактивними (ПІР). Стосовно води ПІР є неорганічні кислоти, підстави, солі і такі органічні сполуки, як гліцерин, амінокислоти й ін.

3) Якщо розчинена речовина практично не змінює поверхневого натягу розчинника, то його називають поверхнево-неактивною речовиною (ПНР). Стосовно води таким є сахароза.

На рис. 7 показані залежності поверхневого натягу від концентрації розчинів ПАР, ПІР і ПНР. Надалі будуть розглядатися головним чином ПАР. До ПАР відносять органічні сполуки з несиметричною будовою молекул, що складаються з полярних (гідрофільних) і неполярних (гідрофобних) груп. Молекули ПАР називають дифільними, тобто складаються з «голови» (полярна група) і «хвоста» (неполярний вуглеводний радикал). Полярна група, що володіє моментом диполя і досить інтенсивним силовим полем, має спорідненість до полярної фази. Полярними властивостями володіють такі атомні угруповання, як $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CHO}$, $-\text{SO}_2\text{OH}$ і ін. Схематично будова молекули ПАР зображена на рис. 8.

Полярна група викликає спорідненість молекул поверхнево-активної речовини до полярної фази (до води), неполярний вуглеводний ланцюг

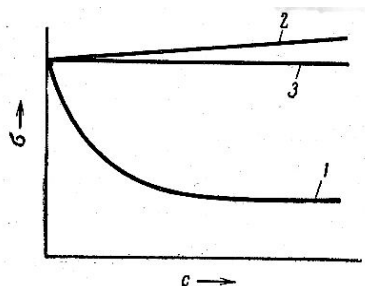


Рис. 7. Змінення величини поверхневого натягу для: 1- ПАР; 2- ПІР; 3- ПНР.

молекули, не маючи майже ніякої спорідненості з водою, має спорідненість з неполярною фазою - або з рідкими вуглеводнями, або з газоподібною фазою, у якій інтенсивність дії молекулярних сил украй мала.

При адсорбції полярна група втягується в полярне середовище. У той же час неполярна група виштовхується в неполярну фазу (наприклад, повітря). У зв'язку з цим молекули поверхнево-активної речовини певним

чином орієнтуються і концентруються на поверхні розділу фаз. Поверхневий натяг води (а, отже, і поверхнева енергія) при цьому зменшується. Приклади подібної орієнтації молекул ПАР наведені на рис. 9.

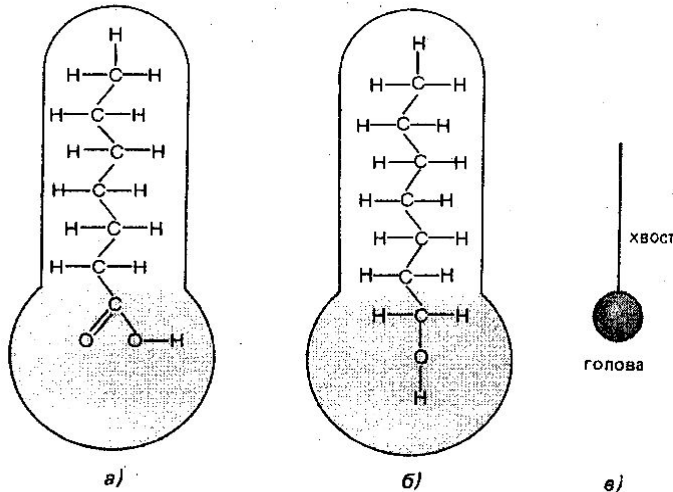


Рис.8. Модель молекули ПАР: а- будова гептанової кислоти; б- будова гептанового спирту; в- загальна модель молекули ПАР.

Тому що розчинність ПАР звичайно невелика, а взаємодія молекул ПАР з молекулами розчинника менше, ніж молекул розчинника між собою, то

молекули ПАР виносяться на поверхню рідини. Для ППР ситуація протилежна. Таким чином, концентрація ПАР на границі розділу фаз вище, ніж в обсязі розчину, для ППР – навпаки. У речовин, що не впливають на поверхневий натяг розчинника, концентрація в поверхневому шарі й в обсязі розчину будуть однакові. Кількісною характеристикою подібного розподілу речовин є величина адсорбції (Γ) – це різниця концентрації речовини в поверхневому шарі й в обсязі розчину. Для ПАР $\Gamma > 0$, для ППР $\Gamma < 0$, а для ПНР $\Gamma = 0$.

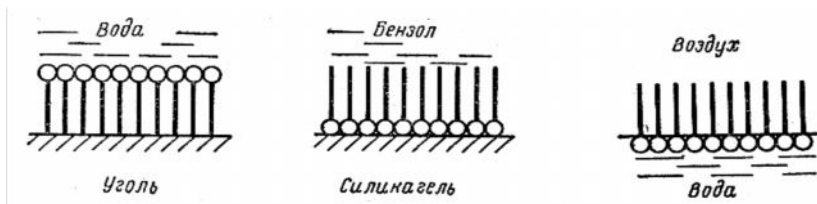


Рис. 9. Приклади орієнтації молекул ПАР на різних границях розділу фаз.

Залежність величини адсорбції від концентрації розчиненої речовини при постійній температурі називають ізотермою адсорбції. Приклад ізотерми адсорбції приведений на рис. 10. При малих концентраціях ПАР вуглеводні

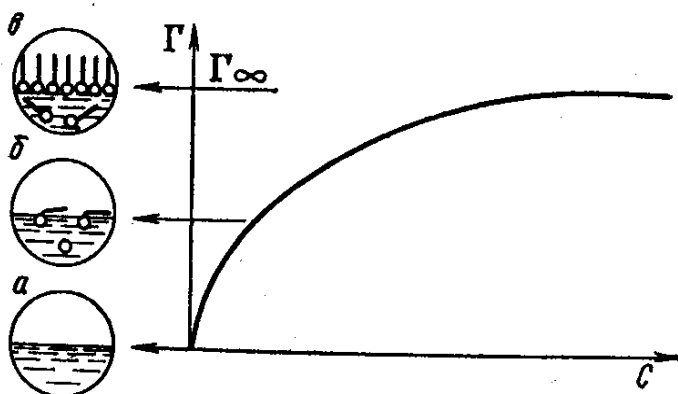
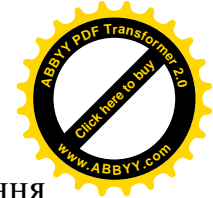


Рис. 10. Ізотерма адсорбції ПАР. Структура поверхневого шару: а- розчинник; б- ненасичений мономолекулярний шар ПАР; в- насичений мономолекулярний шар ПАР.



радикали «лежать» на поверхні полярної рідини, а полярні угруповання занурені в неї (ділянка б). Зі збільшенням концентрації ПАР в розчині число молекул, що знаходяться в поверхневому шарі зростає. Це призводить до утворення на граничній поверхні насиченого мономолекулярного адсорбційного шару (ділянка в), у якому молекули ПАР гранично орієнтовані. Цей шар образно називається частоколом Ленгмюра. У такій ситуації досягається межа адсорбції Γ_{∞} .

Поверхнева активність залежить від природи ПАР. Справедливо **правило Дюкло-Траубе**: у рядах насичених жирних кислот і спиртів при подовженні ланцюга на одну $-\text{CH}_2$ -групу поверхнева активність гомолога у водному розчині збільшується в 3—3,5 рази.

Особливо велике практичне значення мають міцелоутворюючі ПАР, наприклад, мила. Їхні молекули містять великий гідрофобний радикал, часто складної будови, і сильно гидратуючу полярну групу, дисоціюючу або недисоціюючу, наприклад, ланцюг поліоксиетилену $-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})-$. У розчинах таких сполук з підвищенням концентрації до деякої критичної величини, називаною критичною концентрацією міцелоутворення (ККМ), можуть мимовільно утворитися міцели — агрегати з орієнтованих молекул (рис. 11). Поверхневий натяг міцелярних розчинів визначається головним чином індивідуальними молекулами ПАР, оскільки міцели майже не знижують у розчину. Цим пояснюється різке зниження поверхневого натягу в області концентрацій до ККМ і майже постійна величина у при міцелоутворенні.

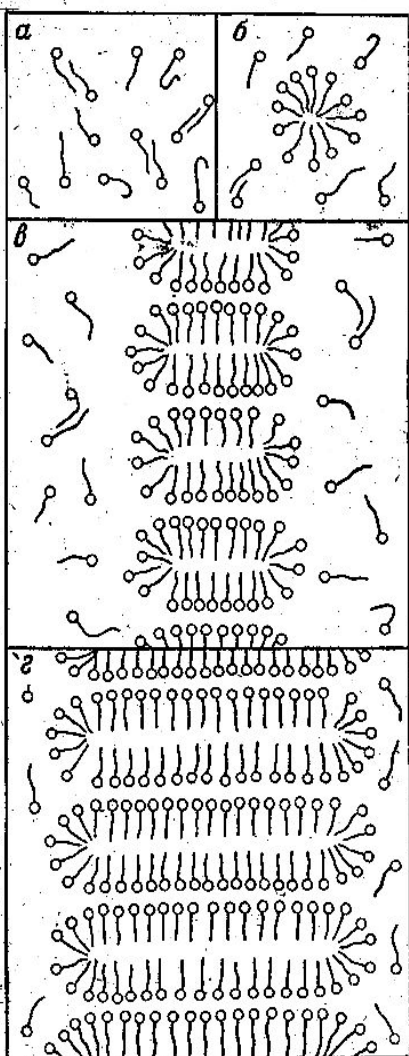


Рис. 11. Схема утворення міцел в розчині мила:

а- розбавлений розчин мила; б- концентрований розчин, у якому є сферичні міцели мила;

в, г- концентрований розчин, у якому є пластинчаті міцели.

5.2 Сорбція

Сорбція — це процес поглинання однієї речовини (сорбата або сорбтива) іншою речовиною (сорбентом). У залежності від механізму розрізняють абсорбцію, адсорбцію і хемосорбцію.

Абсорбція - це поглинання газу або пари всім обсягом твердої речовини або рідини. Цей процес складається в проникненні молекул газу в



масу сорбенту і закінчується утворенням твердого або рідкого розчину. Проникнення молекул газу у тверду або рідку фазу відбувається головним чином шляхом дифузії. Тому що у твердих речовинах швидкість дифузії дуже мала, то абсорбція в них протікає повільно і для встановлення рівноваги потрібен значний час. Підвищення температури прискорює хід абсорбції. Прикладом абсорбції є поглинання газів і пар різними матеріалами. Наприклад, поглинання водню паладієм або платиною, абсорбція аміаку і вуглекислого газу водою.

Адсорбція – це зміна концентрації речовини на границі розділу фаз. Адсорбція відбувається на будь-яких міжфазових поверхнях (рідкої, твердої). На твердій поверхні вона обумовлена наявністю мікрodefektів, що перевищують атомні розміри в десятки і сотні разів. Адсорбція в першу чергу відбувається на ділянках з великим локальним запасом поверхневої енергії, так званих активних адсорбційних центрах, біля яких і групуються молекули адсорбата (рис. 12). На відміну від твердого тіла поверхні рідин рівноцінні в адсорбційному змісті.

У залежності від характеру діючих сил розрізняють фізичну і хімічну адсорбцію (хемосорбцію). Фізична адсорбція визначається силами міжмолекулярної взаємодії (ван-дер-ваальсови сили). Фізична адсорбція оборотна, вона зменшується зі збільшенням температури. Це пояснюється посиленням протилежного процесу - десорбції, викликаній прагненням до

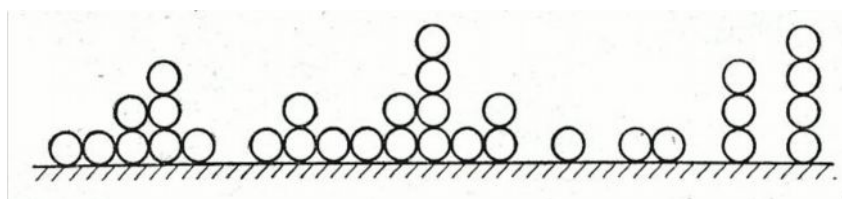


Рис. 12. Адсорбційні центри на поверхні твердого тіла.

рівномірного розподілу речовини внаслідок теплового руху (як і дифузії).

Хемосорбція полягає не тільки в процесі фізичного поглинання речовини, але й у хімічній взаємодії сорбтива із сорбентом з утворенням нової хімічної речовини. У свою чергу, хемосорбція підрозділяється на абсорбційну й адсорбційну.

Ілюстрацією хемосорбції є поглинання кисню поверхнею активованого вугілля. При спробі його десорбції виділяється не кисень, а вуглекислий газ. Процеси, що відбуваються на поверхні, схематично представлені на рис. 13.

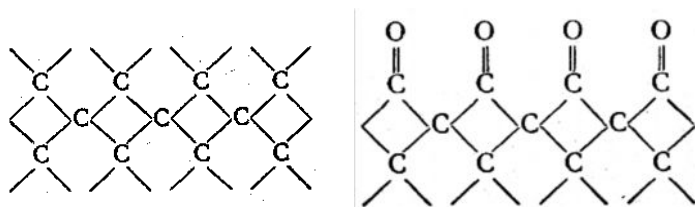


Рис. 13. Хемосорбція кисня на поверхні вугілля.



Як приклад хімічної адсорбції можна вказати утворення найтоншого шару окисла на поверхні деяких металів (Al, Zn, Mn, Pb та ін.). Оксидна плівка, що утвориться шляхом хемосорбції, охороняє ці метали від корозії.

Прикладом хімічної абсорбції служить поглинання різноманітних газів або пар, а також різних речовин з розчинів хімічними поглиначами. Так, наприклад, натронне вапно, що уявляє собою суміш з гашеного вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$, їдкою натру NaOH і води, добре поглинає з повітря вуглекислий, сірчистий та інші газу.

5.3 Адсорбція на поверхні твердих тіл

Тверді адсорбенти – це природні і штучні матеріали з великою зовнішньою або внутрішньою поверхнею, на якій відбувається адсорбція з газів, що граничать з нею, або розчинів. Непористі адсорбенти (порошкоподібні речовини) мають зовнішню поверхню. Для пористих адсорбентів (силікагелі, алюмогелі, цеоліти, активні вугілля) характерна внутрішня поверхня. Найбільш важливими характеристиками твердих адсорбентів є величина питомої поверхні і характер розподілу пір по розмірах.

Адсорбція газу або розчиненої речовини на поверхні твердого тіла є процесом, що протікає мимовільно. Адсорбція газів твердими тілами протікає з великою швидкістю, тому адсорбційна рівновага встановлюється практично миттєво. У пористих адсорбентах адсорбція протікає повільно і з тим меншою швидкістю, чим тонше пори адсорбенту.

Кількість адсорбуючої речовини зростає в міру збільшення поверхні адсорбенту. Отже, для того, щоб досягти великого адсорбційного ефекту, необхідно мати можливо велику поверхню адсорбенту. Тому гарними адсорбентами можуть бути тільки такі матеріали, що володіють сильною розвинутою поверхнею. До них відносяться або речовини, що мають сильно пористу, губчасту структуру, або речовини, що знаходяться в стані тонкого здрібнювання. З застосовуваних на практиці адсорбентів перше місце належить різним видам спеціально виготовлених адсорбційних активованих вугілля.

Звичайне вугілля має порівняно невелику адсорбційну здатність, тому що його питома поверхня невелика і пори в значній мірі заповнені смолами. Активування вугілля полягає в термічній обробці його перегрітою парою при температурах $750-900^\circ\text{C}$. При цьому органічні речовини частково випаровуються, а частково реагують з водяною парою, пори вугілля звільняються (рис. 14). Питома поверхня вугілля коливається від 300 до 1000 $\text{m}^2/\text{г}$. Уперше подібний метод обробки вугілля був запропонований

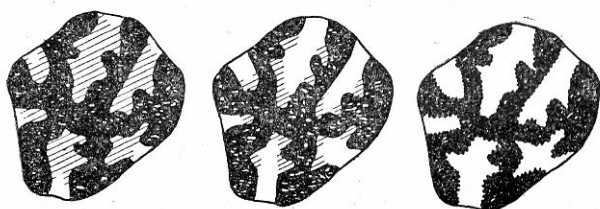


Рис. 14. Змінна структури вугілля при його активуванні.

винахідниками протигазу – російськими хіміками Кумантом і Зелінським.

Крім активних вугілля, як адсорбенти застосовуються й інші сильно пористі або високодисперсні речовини, як, наприклад, гель кремнієвої кислоти (сілікагель), глинозем, каолін, деякі алюмосилікати.

Останнім часом широке застосування серед адсорбентів одержали молекулярні сита або цеоліти. Їхні кристали побудовані з кремені- і алюмоокисневих тетраєдрів і містять пори з діаметром від 4 до 7,5 Å в залежності від типу цеоліту. Просторові решітки цеолітів здатні поглинати й утримувати досить малі молекули, у той час як великі молекули в ці решітки проникнути не можуть. На цьому і засноване молекулярно-ситова дія цеолітів, використовуваних для осушення, поділу сумішей пар і виділення розчиненої речовини з розчинів.

На поверхні твердого тіла за інших рівних умов краще сорбуються ті гази, що легше конденсуються в рідину. Неполлярні адсорбенти, наприклад, графітизована сажа, краще адсорбують неполярні органічні сполуки. Адсорбція таких сполук тим більше, чим вище їхня молекулярна маса. Полярні адсорбати краще адсорбуються на поверхні іонних кристалів.

Величину адсорбції прийнято виражати вагової кількістю адсорбенту (x) на одиницю поверхні (S) або маси (m) адсорбенту. У першому випадку величину адсорбції позначають через $\Gamma = \frac{x}{S}$.

Адсорбція характеризується трьома загальними ознаками:

1) Термодинамічною оборотністю, тобто динамічною рівновагою двох протилежних процесів – адсорбції і десорбції:

адсорбція \rightleftharpoons десорбція;

2) Екзотермічністю процесу, тобто протіканням адсорбції з виділенням значної кількості тепла. Таким чином, з підвищенням температури адсорбція повинна зменшуватися.

3) Малою енергією активації (низьким енергетичним бар'єром), а, отже, великою швидкістю її протікання. Процес адсорбції в перші моменти часу йде дуже швидко, наприклад, у першу секунду може адсорбуватися до 90% усієї речовини.

Кількість газу або розчиненої речовини, адсорбоване визначеною кількістю даного адсорбенту, залежить, з одного боку, від природи газу або розчину, з іншого боку – від умов протікання процесу, у першу чергу від тиску газу або концентрації розчиненої речовини, і від температури. При



інших однакових умовах вплив тиску або концентрації газу на адсорбовану кількість його може бути зображено кривими, названими ізотермами адсорбції. З підвищенням концентрації газу (або тиску) збільшується величина адсорбції, але тільки до визначеної межі. В області малих концентрацій адсорбована кількість газу прямо пропорційна його концентрації або тискові. При подальшому підвищенні концентрації величина адсорбції теж збільшується, але вже в меншому ступені, і далі крива, що виражає цю залежність, прагне до прямої, рівнобіжній осі абсцис. Це відповідає поступовому насиченню поверхні адсорбенту. Коли насичення досягнуте, подальше підвищення концентрації або тиску практично не впливає на кількість адсорбованого газу.

На практиці часто приходиться мати справу з адсорбцією твердим адсорбентом не одного якого-небудь газу або пари, а відразу декількох, тому вивчення адсорбції із суміші здобуває велике значення. Кожен газ при однакових зовнішніх умовах адсорбується із суміші в меншій кількості, чим у чистому вигляді, причому газ, який краще адсорбується в чистому вигляді, краще адсорбується і із суміші (правило витиснення).

На цьому випадку адсорбції засноване застосування протигаза, коли через активоване вугілля повинне проходити не тільки отруйна речовина, але ще в більшій кількості кисень і азот повітря. На адсорбції із сумішей газів засноване й очищення повітря в ряді шкідливих виробництв, а також очищення вуглекислого газу, водню, аміаку і т.д. від газоподібних домішок, що виходять у процесі виробництва цих газів.

5.4 Молекулярна адсорбція з розчинів

Молекулярна адсорбція - це адсорбція з розчинів неелектролітів або слабких електролітів на твердих адсорбентах, коли речовина адсорбується у вигляді цілих молекул. Адсорбція розчинених речовин твердими адсорбентами є більш складним процесом, чим адсорбція газів твердими тілами, тому що вона ускладнена рядом факторів:

- 1) присутністю третього компонента – розчинника, молекули якого можуть конкурувати з молекулами адсорбата за місце на поверхні адсорбенту;
- 2) взаємодією між молекулами адсорбата і розчинника;
- 3) електростатичною взаємодією між поверхнею адсорбенту й іонами адсорбата, якщо він є електролітом.

Молекулярна адсорбція залежить від природи і концентрації адсорбата, температури, природи адсорбенту і розчинника, питомої поверхні адсорбенту. Для неї справедливо **правило Ребіндера**: на полярних адсорбентах краще сорбуються полярні адсорбати з малополярних розчинників; на неполярних адсорбентах – неполярні адсорбати з полярних розчинників.



Швидкість адсорбції з розчинів залежить від швидкості дифузії розчинених молекул у порах адсорбенту. Тому встановлення адсорбційної рівноваги затягується, особливо у випадку дрібнопористих адсорбентів, наприклад, на вугіллях воно встановлюється іноді протягом декількох діб. Щоб прискорити встановлення рівноваги, на практиці прибігають до енергійного перемішування і струшування.

6. ІОННА АДСОРБЦІЯ

Іонна адсорбція – це адсорбція сильних електролітів з водних розчинів на твердих адсорбентах. Іонна адсорбція характеризується вибірковістю й обмінним характером. Вирішальну роль в адсорбції іонів грає їхня валентність: чим вище валентність іона (особливо катіона), тим більше його адсорбуємість. З підвищенням температури адсорбція іонів часто зростає.

Адсорбція сильних електролітів. У розчинах сильних електролітів розчинена речовина знаходиться в цілком іонізованому стані, тому їхня адсорбція володіє рядом характерних рис. Іони адсорбуються лише на полярних і практично не адсорбуються на неполярних адсорбентах.

Розрізняють три види адсорбції сильних електролітів: еквівалентну, вибірккову і обмінну.

Еквівалентна адсорбція зустрічається рідко і характеризується тим, що катіони й аніони адсорбуються на поверхні адсорбенту в еквівалентних кількостях.

Вибіркова адсорбція підкоряється правилу, встановленому американським фізиком-хіміком К.Фаянсом: на поверхні даного адсорбенту переважно адсорбуються ті іони, що можуть добудовувати кристалічні решітки цього адсорбенту. Тому, наприклад, на колоїдних частках бромистого срібла будуть переважно адсорбуватися або іони Ag^+ , або іони Br^- .

Іонообмінна адсорбція – це процес, у якому адсорбент і розчин обмінюються між собою в еквівалентних кількостях однойменно зарядженими іонами.

6.1 Іоніти

Сорбенти, здатні до обміну іонів, називають іонообмінниками або іонітами. **Іоніти** являють собою тверді елементи з нерозчинним полівалентним іоном R і іонами протилежного знака, що обмінюються. Іоніти можуть мати кислотний, основний або амфотерний характер. Речовини кислотного типу, що обмінюються з розчином катіонами, називаються **катіоніти**. Активними групами в катіонітах є: $-\text{COO}^-$; $-\text{OH}^-$; $-\text{HSO}_3^-$. Катіоніт з водневою функцією записується H_2R , з натрієвою функцією - Na_2R .



Основні іоніти – **аніоніти** $R(OH)_2$ – віддають у розчин аніони, на місце яких стають аніони з розчину. Аніоніти містять активні групи: $-NH_2$; $=NH$; $\equiv N$; обмінними іонами служать OH^- , що утворюються на поверхні смоли при її гідратації.

Амфотерні іоніти містять і катіонні, і аніонні обмінювані групи. Ці іоніти можуть одночасно сорбувати катіони й аніони.

Властивостями кислих сорбентів володіють алюмосилікати (цеоліти, пермутити), силікагель, целюлоза і багато інших речовин. До основних сорбентів відносяться, наприклад, гідроксиди алюмінію, заліза. Амфотерні іоніти – це синтетичні речовини, що містять полімерний вуглеводний радикал.

Іонообмінні смоли – це високомолекулярні нерозчинні сполуки, здатні набухати у водних розчинах, поглинаючи значну кількість води, і вивільняти іони в процесі електролітичної дисоціації. Іони, що вивільнилися, заміщаються на інші присутні в розчині іони, що мають більшу спорідненість до іонообміннику. Процес іонного обміну оборотний, і напрямок його залежить від концентрацій обмінюваних іонів.

Для характеристики іонітів важливо знати поглинаючу здатність іоніту, що характеризують обмінною ємністю. **Обмінна ємність** – це кількість іонів (моль), поглинутих 1м сухого іоніту з розчину в рівноважних умовах.

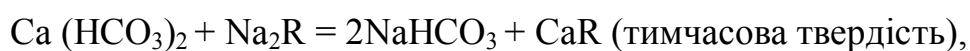
Більшість іонітів – тверді сполуки; багато хто з них після набрякання утворюють м'які гелі. Існують і рідкі іоніти – низькомолекулярні сполуки, що містять у молекулах іонну групу і великий гідрофобний радикал. Ці іоніти розчинні в неполярних рідинах і використовуються для проведення екстракцій.

6.2 Іонообмінний метод очищення і зм'якшення води

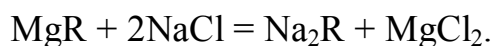
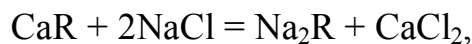
Обмін іонів – явище, надзвичайно широко розповсюджене в природі і різних галузях промисловості. Іонний обмін відіграє велику роль у процесах ґрунтоутворення, водоочищення, водопом'якшення. Особливо зросло наукове і практичне значення іонного обміну з тих пір, як у 1935 р. був початий синтез різноманітних штучних іонообмінників, названих іонообмінними смолами.

Метод іонного обміну в даний час застосовують при очищенні води й інших речовин як адсорбенти. Розглянемо дію методу іонного обміну на прикладах зм'якшення води (Na-катіоніт), тобто видалення з неї іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , і повного її знесолення (H-катіоніт).

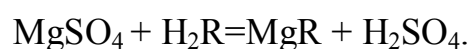
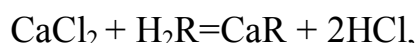
Сутність Na – катіонування полягає в тому, що води з невеликою карбонатною твердістю пропускають через колонку, заповнену Na – катіонітом (зерна 0,2 – 3,0 мм). При цьому відбуваються наступні реакції іонного обміну по видаленню твердості води:



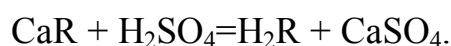
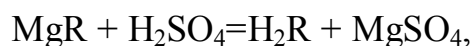
Регенерація Na – катіоніта здійснюється при пропусненні через колону 5-10% розчину NaCl:



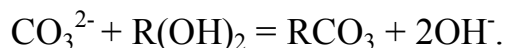
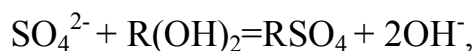
H-Катіонування використовується для води з невеликою постійною твердістю (до 1 мг-екв/л). При цьому відбувається невелике підкислення очищеної води:



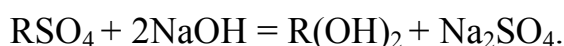
Регенерацію H-катіоніта проводять при пропусненні розчину кислоти:



Аніонітний обмін здійснюється тільки в кислому середовищі. За допомогою аніонітів відбувається обмін всіх аніонів на іони OH^- :



Регенерація аніоніту здійснюється розчином NaOH:



Пропускаючи воду послідовно через H- катіоніт і аніоніт, можна цілком видалити з неї всієї солі.

В даний час часто використовують мембранний метод очищення води. У цьому випадку також відбувається іонний обмін, але іоніт використовується у виді плівок або пластин-мембран. Для підвищення механічної міцності мембран їх осаджують на носіях: скловолонні, текстильному волонні або спресовують тонкоподрібнені гранули іоніту з інертним сполучним.

7. ЗМОЧУВАННЯ

Явище змочування впливає на хід багатьох процесів у природі і техніці, тому що служить початковою стадією взаємодії рідин із твердими тілами.

По числу фаз, що беруть участь у процесі, розрізняють два типи змочування:

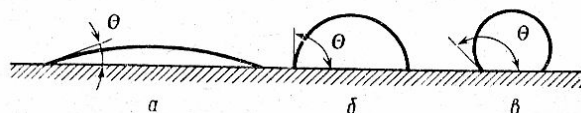
1) **імерсійне змочування**, що має місце при повному зануренні твердого тіла в рідину; у такому випадку в змочуванні беруть участь дві фази: рідина і тверде тіло;

2) **контактне змочування**, протікає за участю трьох фаз: твердої, рідкої, газоподібної (наприклад, крапля рідини на твердій поверхні).

Кількісною мірою процесу змочування може служити кут, утворений краплею і твердою поверхнею. Цей кут називається **крайовий кут змочування** і позначається θ . Значення θ можуть мінатися в межах від 0 до 180° . Величину кута змочування відраховують між твердою поверхнею і дотичної, проведеної до поверхні краплі в точці дотику твердої, рідкої і газоподібної фаз (рис. 15).

Очевидно, що повної змочуваності повинні відповідати умови $\theta=0^\circ$, повної незмочуваності $\theta=180^\circ$. При повному змочуванні повинне спостерігатися розтікання рідини до моношару. Повного незмочування ніколи не спостерігається, тому що завжди маються сили взаємодії, хоча б і дуже малі, між рідиною і твердою поверхнею. Звичайно вважають, що при θ

Рис. 15. Приклади неповного змочування: а- $\theta < 90^\circ$; б- $\theta = 90^\circ$; в- $\theta > 90^\circ$.



$\theta < 90^\circ$ відбувається змочування, при $\theta > 90^\circ$ - незмочування. Повне змочування має місце, наприклад, при взаємодії води з кварцом (в атмосфері повітря $\theta = 0^\circ$); вода змочує графіт ($\theta = 55-60^\circ$), тальк ($\theta = 69^\circ$), сірку ($\theta = 78^\circ$) і погано змочує парафін ($\theta = 106^\circ$).

Загальна закономірність у процесах змочування виявляється в тому, що чим вище полярність рідини, тим слабкіше її змочувальні властивості: високополярна ртуть змочує тільки деякі метали, вода змочує поверхні багатьох полярних речовин, органічні рідини (спирти, бензол, гексан) змочують практично будь-яку поверхню. Рідину, що краще змочує тверду поверхню, називають вибірково змочувальною. При вибірково змочуванні $0 < \theta < 90$. Тверді поверхні, що вибірково змочуються водою, називають гідрофільними. Для гідрофобної поверхні $90^\circ < \theta < 180^\circ$. Така поверхня погано змочується водою, але добре неполярними рідинами. Таким чином, загальним правилом є положення, що з двох рідин краще змочує тверду поверхню та, у якій різниця полярностей із твердим тілом найменша, а енергія взаємодії найбільша.

Речовинами з гідрофільною поверхнею є силікати (стекло), гіпс, оксиди і гідроксиди металів. Цікаво, що чим більше твердість мінералу, тим більше його змочуваність. Так, алмаз, кварц, корунд володіють дуже високою гідрофільністю. Прикладами речовин з гідрофобною поверхнею є усі вуглеводні, сульфідні важких металів, графіт, тальк, сірка.



Інверсія змочування полягає в якісній її зміні за рахунок адсорбції ПАР на твердій поверхні. Шляхом додавання ПАР вдається гідрофілізувати гідрофобні поверхні і викликати їхнє змочування водою й іншими полярними рідинами, або додавати гідрофобні властивості спочатку гідрофільної поверхні. Механізм інверсії змочування зв'язаний з визначеною орієнтацією молекул ПАР в адсорбційному шарі. Якщо тверда поверхня спочатку гідрофільна, то адсорбовані молекули взаємодіють своїми полярними групами з поверхнею, а неполярними ланцюгами звертаються назовні, унаслідок чого тверда поверхня стає гідрофобною. У протилежному випадку, коли тверда поверхня гідрофобна, адсорбовані на ній молекули ПАР звертаються до твердого матеріалу своїми вуглеводними ланцюгами, а полярними групами – назовні. Поверхня стає гідрофільною. Так, наприклад, поверхня алюмінієвої пластинки, покрита окісною плівкою Al_2O_3 , гідрофільна, крайовий кут змочування дорівнює 40°. Якщо обробити таку пластинку розчином якої-небудь жирної кислоти, то вона стає гідрофобною. Молекули кислоти, адсорбуючись на поверхні пластинки, утворюють орієнтований шар, у якому полярні групи молекул звернені до поверхні пластинки, а вуглеводні ланцюги – у повітря.

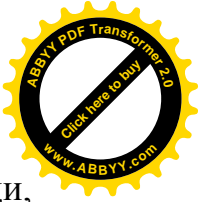
Змочування має велике практичне значення. На явищах адсорбції і змочування заснований процес флотації – відділення коштовних мінеральних речовин від «порожньої» породи.

Виготовлення непромокальних тканин засновано на процесі гідрофобізації їхніми поверхнево-активними речовинами. Миюча дія ПАР пов'язана з поліпшенням змочування забруднених поверхонь і тканин за рахунок адсорбції ПАР і зниження у розчині. У текстильній технології змочування відіграє велику роль при фарбуванні, просоченні. У дорожнім будівництві застосовують ПАР для підвищення гідрофобності дорожніх покриттів.

Що стосується ґрунтів, то в залежності від їхнього складу вони можуть бути гідрофільними і гідрофобними. Температура змочування ґрунтів відіграє визначену роль у їхньому тепловому режимі.

8. ПЛАСТИФІКАТОРИ ЦЕМЕНТНОГО ТІСТА

На явищах змочування й адсорбції заснована дія пластифікаторів цементного тісту. В'язке тісто має пластичність, тобто здатністю деформуватися під впливом зовнішніх сил і надалі зберігати отриману форму. При гарній пластичності маси структура матеріалу однорідніше, прискорюються й дешевшають операції її змішування, укладання, збільшується корозійна стійкість і морозостійкість, тому що не утворюються великі повітряні порожнини. Пластичність зв'язана з властивостями тонких напівтвердих шарів води, що прилягають до твердих часток. На практиці, прагнучи до підвищення пластичності бетонних і розчинних сумішей,



звичайно збільшують обсяг в'язкого тісту, або додають зайву кількість води, що сильно знижує міцність бетону. Найбільш ефективним рішенням даної проблеми є використання ПАР - пластифікаторів цементного тісту, що додаються в кількості 0,1- 0,3 % від маси в'язкого. Існують 3 групи пластифікаторів.

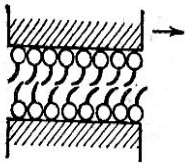
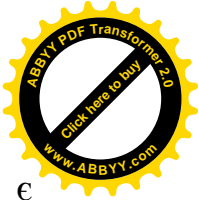
1. Повітрявовлекаючі добавки: натрієві мила смоляних кислот (абіетат Na, одержуваний омиленням каніфолі їдким Na; каніфоль складається з абіетинової кислоти), смола нейтралізована повітрявовлекаюча (СНП або технічне мило). Ці добавки при перемішуванні бетонної суміші утворюють піну, утягуючи в суміш повітря. При подальшому перемішуванні суміші повітря у вигляді дрібних пухирців рівномірно розподіляється в обсязі суміші. Додане повітря збільшує обсяг тесту і підвищує його пластичність. Це дозволяє знизити кількість води затвору, особливо в худих сумішах, тобто сумішах, що містять мало цементу і багато піску і заповнювача.

2. Пластифікатори гідрофілізуючого типу. Найбільш розповсюджена добавка цього типу сульфітно-спиртова барда (ССБ). Сульфітно-спиртова барда виходить із сульфітних лугів при варінні целюлози. У процесі варіння сірчиста кислота зв'язується з лігніном деревини. Виходять лігносульфонові кислоти, солі яких (лігносульфонат Са) утримуються в ССБ. Крім того використовується продукт переробки ССБ- сульфітно-дріжджова бражка (СДБ має той же основний компонент). Для ряду цементів установлене дозування 0,25% ССБ.

При адсорбції лігносульфонату Са цементом полегшується його змочування «вільною» водою (гідрофілізація). Поліпшується «змащення». При цьому сили взаємного зчеплення часток в'язкої речовини слабшають. Тобто відбувається дефлокуляція і диспергування цементних часток. Добавка СДБ і ССБ служить розріджувачем суміші, тому необхідна пластичність суміші досягається при меншій витраті води і цементу, чим звичайно. ССБ (СДБ) пластифікує власне в'язке тісто, і її дія найбільш ефективна в жирних бетонних сумішах з малою кількістю заповнювача.

На кафедрі екології і хімії ХНАДУ розроблений хромлігносульфонат Са (окзил)-пластифікатор, що відноситься до типу гідрофілізуючих пластифікаторів. Введення його в кількості 0,5 % дозволяє підвищити міцність бетону на 20-25 %, або знизити витрата цементу для бетону на 15-20 %.

3. Гідрофобно-пластифікуючі добавки (ГПД). Основні їхні представники: нафтонові кислоти, вищі синтетичні жирні кислоти (СЖК) з кількістю атомів вуглецю в ланцюзі не менш 20, їх солі (Na-соль-милонaft) і суміш технічних кислот - асидол. Молекули нафтонових і СЖК є дифільними молекулами і мають асиметрично-полярну будову, вони орієнтуються своїми полярними групами до часток цементу і зернам заповнювачів. Вуглеводні радикали звернені назовні. Виходить «молекулярний ворс». Ці вуглеводні ланцюги гідрофобні, не змочуються водою, між їхніми кінцями існує лише



слабке притягання. Площини, утворені цими ланцюгами, є площинами ковзання (рис. 16). Таке ковзання і відбувається

Рис. 16. «Мастильна» дія гідрофобно-пластифікуючих добавок.

при перемішуванні цементу з

гідрофобно - пластифікуючою добавкою. Здійснюється мастильна дія. При введенні такої добавки не спостерігається розрідження тісту. По зовнішньому вигляді така суміш навіть тверда. Але треба тільки піддати механічному впливові як суміш розріджується. Зрозуміти це допоможе наступний приклад: зчеплено дві скляні пластинки, змазані мінеральною олією. Розчепити їх дуже важко, але зрушити одну щодо іншої легко. Щось подібне здійснюється й у цементних сумішах з гідрофобними ПАР.

Гідрофобізуючі добавки пластифікують не стільки в'язке тісто, скільки його суміш із заповнювачами, тому такі добавки найбільш ефективні в худих бетонах і розчинах.

Подібні ПАР не тільки пластифікують розчини, але і гідрофобізують вироби з нього. Чому важлива гідрофобізація бетонів? Ці матеріали представляють капілярно-пористі тіла і добре усмоктують воду, тому що по своїй природі гідрофільні. Наслідки від впливу води і наперемінного заморожування і відтавання видні вже через 5-6 років. Прикладом може служити руйнування бордюрних каменів. Але іноді можна спостерігати крайній ступінь руйнування, коли конструкція знаходиться в аварійному стані. Так, у 1976 р. в Австрії обрушився міст через Дунай. Причиною послужило руйнування бетону в одній з опор моста внаслідок дії води і заморожування. Гідрофобізація служить тому, щоб запобігти дифузії води в тіло бетону. Одним з переконливих практичних прикладів гідрофобізуючої дії може служити стан Карлова моста через ріку Влтаву в Празі. Цей міст був побудований у XIV столітті. Для спорудження було використане повітряне вапно (СаО) з добавкою курячих яєць. Природна водна емульсія олеїна яєць є прекрасним гідрофобізуючим ПАР. Карлов міст довжиною 516 м служить більш 500 років на відміну від віденського згадуваного моста, що звалився через кілька десятиліть.

У старовину використовувалися й інші природні гідрофобізуючі добавки: кров босень, бавовняна олія, коров'яче молоко, відвар деревної кори й інші. Слід зазначити, що органічні добавки, що застосовувалися зодчими в старовину, були забуті. У наш час використання ПАР було почато на зовсім іншому науково-технічному рівні.

Останнім часом широко використовують **комплексні гідрофобно-пластифікуючі добавки** (КГПД), що виготовляють з гідрофобізуючого і гідрофілізуючого компонентів. Гідрофобні добавки добре пластифікують худі бетонні суміші. Другі ж навпаки ефективні в жирних сумішах. Комплексні



добавки відрізняються універсальною пластифікуючою дією на бетонні суміші різного складу.

Суперпластифікатори - окрема група пластифікаторів, що володіють яскраво вираженим пластифікуючим ефектом і здатних сильно розріджувати бетонні і розчинні суміші. Основні види суперпластифікаторів створюються на основі нафталіноформальдегідної сульфокислоти і її продуктів (сульфованій продукт конденсації нафталіну з формальдегідом). Суперпластифікатори вводяться у свіжовиготовлені бетонні суміші. Механізм дії суперпластифікаторів не зв'язаний зі зменшенням поверхневого натягу, а пояснюється дефлокуючою і мастильною дією комплексів великих молекул. Однак у деяких конструкціях такі бетони можуть виявитися недовговічними, зокрема, їх не рекомендують використовувати для дорожнього будівництва, де бетони піддаються постійному зволоженню. У цьому випадку потрібно лише помірне зниження водоцементного відношення, що досягається застосуванням звичайних ГПД.

9. КОГЕЗІЯ Й АДГЕЗІЯ

Явища змочування і розтікання тісно зв'язані з дією сил когезії й адгезії. **Когезія** - це зчеплення однорідних молекул, атомів або іонів, що включає усі види міжмолекулярного і міжатомного притягання усередині однієї фази. Когезія визначає існування речовин у конденсованому (твердому і рідкому) стані. Такі стани характеризуються високою когезією. Газоподібні речовини мають малу когезію.

Адгезія (прилипання) - це молекулярне притягання між поверхнями двох дотичних різнорідних твердих або рідких фаз. Адгезія є причиною склеювання двох різних речовин за рахунок дії фізичних або хімічних міжмолекулярних сил.

Кількісно когезію й адгезію характеризують величиною роботи когезії W_c і роботи адгезії W_a . **Робота когезії** дорівнює енергії, яку потрібно затратити на розрив сил зчеплення між молекулами даної фази. Чисельно робота когезії (Дж/м^2) дорівнює подвоєному значенню поверхневого натягу:

$$W_c = 2\gamma.$$

Робота адгезії виражається рівнянням Дюпре:

$$W_a = \gamma_A + \gamma_B - \gamma_{AB}.$$

З рівняння очевидно, що робота адгезії тим більше, чим більше поверхневий натяг кожної з фаз на границі з повітрям (γ_A і γ_B) і чим менше поверхневий натяг на границі розділу між фазами А і В (γ_{AB}). Адгезія може спостерігатися між двома рідинами, двома твердими тілами, між рідиною і твердим тілом.



На явищі адгезії заснована дія клеїв і єднальних речовин. Адгезія відіграє важливу роль при нанесенні гальванічних і лакофарбових покриттів на тверді поверхні.

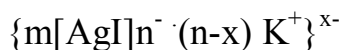
10. ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ. ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ЯВИЩА

Будова ліофобних золів. До ліофобних відносять золі металів, солей і т.д. Розглянемо будівлю міцели – складової ліофобної золячи AgI при його утворенні по реакції обміну:



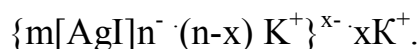
Одержання малорозчинної речовини є однією з необхідних умов утворення золів. Молекули малорозчинної речовини AgI з'єднуються разом, щоб утворити агрегати молекул $m[\text{AgI}]$. Завдяки значному розмірові цих часток на поверхні розділу фаз створюються умови, необхідні для явищ адсорбції. Особливо енергійно з навколишнього розчину адсорбуються іони, що входять до складу малорозчинної речовини (Г), здатні добудовувати кристал, і що знаходяться в надлишку. Утвориться ядро: $m[\text{AgI}]n^-$, що має заряд n^- . Поява зарядів заважає об'єднанню ядер у більш великі агрегати, що могли б випасти в осад. Це визначає стійкість золячи.

Іони Г називаються потенціаловизначаючими. Негативно заряджене ядро притягає противоіони (K^+) з розчину. Ядро, разом з частиною міцно зв'язаних з ним противоіонів є колоїдною часткою (гранулою), обмеженою границею ковзання:



Колоїдна частка має заряд, у даному випадку негативний (x^-), тому що тепловий рух молекул перешкоджає повної компенсації зарядів іонів Г іонами K^+ . Шар іонів на агрегаті називається адсорбційним шаром.

Цілоком міцела має наступну формулу:



Міцела в цілому електронейтральна. Структура внутрішніх шарів міцели представлена на рис. 17. Шар іонів калію, що знаходиться за кордоном ковзання, називається дифузійним шаром. Разом з адсорбційним шаром він складає подвійний електричний шар (рис. 18).

Дифузійна частина подвійного електричного шару найбільш мінлива. Противоіони обмінюються на інші іони того ж знака. Підвищення концентрації розчину приводить до «вितиснення» противоіонів з дифузійної в адсорбційну частину подвійного шару. Товщина подвійного шару і потенціал на границі ковзання (ζ – потенціал) зменшуються.

Якщо при утворенні йодистого срібла взяти надлишок AgNO_3 , то колоїдна частка, завдяки адсорбції катіонів Ag^+ на поверхні ядра, одержить

позитивний заряд і формула міцели має вигляд: $\{m[AgI]nAg^{+}(n-x)NO_3^{-}\}^{x+}xNO_3^{-}$.

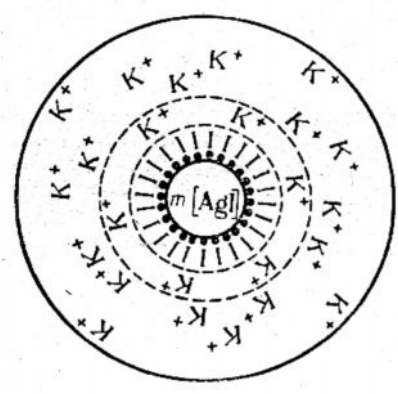


Рис. 17. Схема будови міцели золячи йодиду срібла в розчині KI.

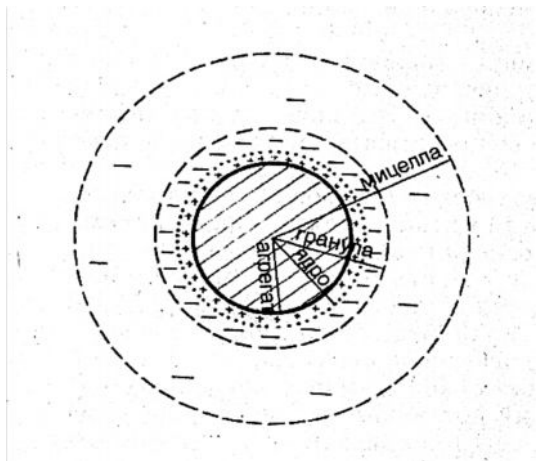


Рис. 18. Будова внутрішніх шарів міцели.

Більш складний варіант будови міцели кремнієвої кислоти представлений на рис. 19.

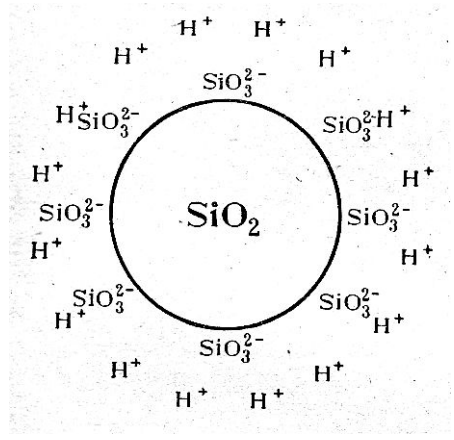


Рис. 19. Будова міцели золячи кремнієвої кислоти.

На закінчення можна зробити наступні висновки:

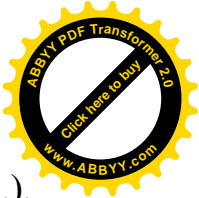
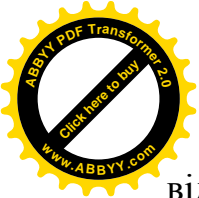
1. З розчинів на поверхні колоїдних часток адсорбуються іони, близькі по своїй природі до складу ядра (правило С.М. Ліпатова).

2. Противоіони, зв'язані в адсорбційному шарі, зменшують заряд ядра, створюваний потенціал визначаючими іонами, однак повної нейтралізації не відбувається.

3. Знак заряду колоїдної частки визначається знаком потенціалвизначаючих іонів, тому що вони знаходяться в адсорбційному шарі в надлишковій кількості ($n > n-x$).

4. Противоіони дифузійного шару нейтралізують надлишковий заряд гранули: міцела в цілому електронейтральна.

Тому що колоїдні частки мають заряд, вони можуть переноситися в електричному полі. **Електрокінетичні явища** в колоїдних системах були



відкриті професором Московського університету Ф.Ф. Рейссом (1807 р.), до них відносяться електрофорез і електроосмос.

Рух заряджених дисперсних часток в електричному полі до протилежно зарядженого електрода одержало назву електрофореза. Рейсс провів наступний досвід. У шматок вологої глини він занурив дві скляні трубки, наповнені водою, і опустив у неї металеві електроди. Пропускаючи через такий прилад постійний електричний струм, Рейсс знайшов, що частки глини, відриваючись від поверхні, рухалися до позитивного полюса (анодові). Отже, глинисті частки були заряджені негативно. Колоїдна частка переноситься до протилежно зарядженого електрода тільки з частиною противоіонів, відриваючись від інших по границі ковзання (рис. 20).

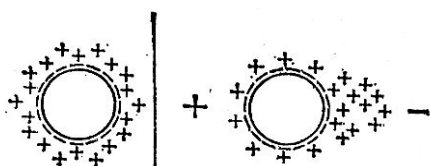


Рис. 20. Рух колоїдної частки в електричному полі.

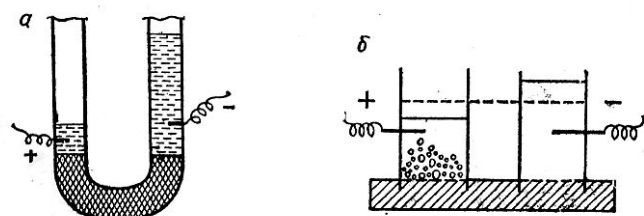


Рис. 21. Схеми проведення: а – електроосмосу; б-електрофорезу за Ф.Ф.Рейссом.

Явище руху рідини через пористі тверді тіла під дією електричного струму називається електроосмосом. Досвід Рейсса полягав у тім, що постійний електричний струм пропускався через прилад, що складається з U – образною наповненою водою трубки, середня частина якої була заповнена дрібним кварцовим піском. Він утворював як би діафрагму з капілярами. Рейсс помітив, що вода в коліні з негативним електродом піднялася, а в коліні з позитивним електродом - опустилася (рис. 21). Поясненням електроосмосу може служити виборча адсорбція якого-небудь виду іонів на поверхні капілярів, у результаті чого утвориться подвійний електричний шар. Наприклад, потенціалвизначаючими іонами є аніони, у цьому випадку при накладенні електричного поля катіони будуть переміщатися до негативного полюса, захоплюючи за собою воду гідратних оболонок. Ми спостерігаємо підняття рівня води в коліні з негативним електродом.

Електричні властивості колоїдів уявляють великий практичний інтерес. Електрофорез застосовується в зневоднюванні нафти, при формуванні різних виробів з тонких суспензій з наступним їхнім спіканням, при підготовці суспензій і керамічних мас для фарфорофаянсових виробів, виготовлення активованих катодів для радіоламп, у покритті поверхні різних виробів тонким шаром каучуку. Використовуючи електроосмос, осушують пористі матеріали (торф), очищають від домішок воду, желатин, дублять шкіру.



11. АГРЕГАТИВНА І КІНЕТИЧНА СТІЙКІСТЬ КОЛОЇДНИХ СИСТЕМ

Істотною відмінною ознакою колоїдно - дисперсних систем від молекулярно - дисперсних є їх відносно мала стійкість (стабільність), тобто обмеженість часу їхнього існування в незмінному виді. Колоїдні розчини мають визначений ступінь стійкості, що залежить від ступеня дисперсності, від наявності в колоїдних часток однойменних зарядів, від розмірів сольватних оболонок і від наявності стабілізатора.

Здатність системи зберігати визначений ступінь дисперсності називається **агрегативною стійкістю**.

Стан речовини на границі розділу фаз характеризується поверхневою енергією, рівної $\gamma \cdot S$, де γ - поверхневий натяг; S - площа поверхні розділу фаз. Усі мимовільні процеси протікають у напрямку зменшення енергії: $\gamma \cdot S \rightarrow \min$. Якщо $\gamma = \text{const}$, то мимовільно йдуть процеси зі зменшенням S , тобто йде укрупнення часток. **Агрегативна стійкість тим більше, чим більше розміри часток.**

Дисперсні системи термодинамічно хитливі: відбувається поступове руйнування них. Злиття крапель у туманах – йде дощ. Емульсії розшаровуються на дві фази. Тому важливою характеристикою дисперсної системи є її вік.

Кінетична стійкість – здатність часток фази знаходитися в зваженому стані. Кінетична стійкість системи пояснюється тепловим (броуновським) рухом часток. Молекули дисперсійного середовища вдаряють по частках дисперсної фази. Ці удари тим сильніше, чим менше маса часток, менше в'язкість середовища, вище температура. Чим ближче значення щільностей дисперсної фази і дисперсійного середовища, тим стійкіше система. Звідси найбільш стійкі літозолі, а самі хитливі – аерозолі.

Вище ми відзначали, що стійкість колоїдних систем залежить від наявності у часток однойменних зарядів і від розмірів сольватних оболонок. Щоб розібрати дію цих факторів зупинимося на внутрішній структурі колоїдних часток. Існують два основних типи внутрішньої структури первинних часток колоїдів: ліюфобні і ліюфільні колоїди. До ліюфобних відносять золі металів, солей, і т.д. Будову їх міцел ми вже розглядали. До ліюфільного відносять розчини високомолекулярних сполук (ВМС), желатини, білка. У випадку водного дисперсійного середовища золі називаються гідрофобними і гідрофільними.

Для ліюфобних колоїдів основною є **електрична стабілізація** дисперсних часток. Між колоїдними частками відбувається електростатичне відштовхування. Чим більше електрокінетичний потенціал ζ , тим більше агрегативна стійкість колоїдів. Для випадку, представленого на рис. 22, іонним стабілізатором є аніони.

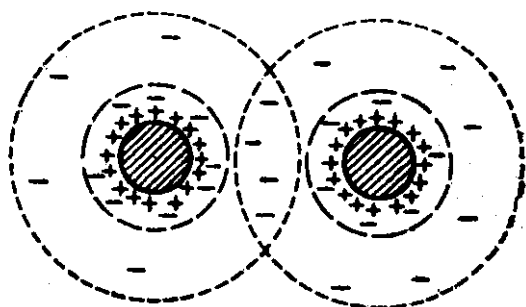


Рис. 22. Електрична стабілізація ліофобних колоїдів.

Для ліофільних колоїдів величезну роль грає **молекулярно-адсорбційна стабілізація**. Вона може забезпечуватися сольватної оболонкою (тобто оболонкою з молекул дисперсійного середовища), або в результаті утворення адсорбційних шарів ПАР або ВМС. Адсорбційні шари ПАР мають пружність, механічну міцність, запобігають злипанню дисперсних часток (рис. 23).

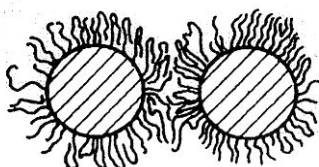


Рис. 23. Молекулярно-адсорбційна стабілізація ліофільних колоїдів.

Цей механізм стабілізації відіграє важливу роль при одержанні гранично стійких висококонцентрованих пін, емульсій, колоїдів і суспензій. Для стабілізації у воді використовують мила лужних металів, білки, крохмаль; у неводних середовищах – мила лужноземельних металів, смоли, каучуки. Такі речовини називають захисними колоїдами, це молекулярні стабілізатори.

12. КОАГУЛЯЦІЯ І СТАБІЛІЗАЦІЯ КОЛОЇДНИХ СИСТЕМ

Процес укрупнення (агрегування) колоїдних часток за рахунок їхнього злипання під впливом молекулярних сил притягання називається коагуляцією (від латинського coagulatio – згортання). Проявом коагуляції є поділ золів на дисперсійне середовище й осад дисперсної фази – коагулянт.

Процес осадження укрупнених часток твердої фази називається седиментацією (від лат. sedimentation – осадження).

Коагуляція завжди зв'язана зі зменшенням ступеня дисперсності. Ступінь коагуляції може бути різний. Розрізняють дві стадії коагуляції: сховану і явну. Перша стадія, з якої починається коагуляція, - це агрегація часток, тобто зменшення ступеня дисперсності. Ця стадія називається схованою коагуляцією. Друга стадія – явна коагуляція – настає в результаті подальшої агрегації часток, що завершується за визначений час випаданням частини або всієї колоїдної речовини в осад. Такий осад називається коагулянт.



Коагуляція ліофобних золів. Встановлено, що ліофобні золі дуже чутливі до електролітів. Незначні добавки останніх ведуть до випадання дисперсної фази цих золів в осад. Цей вид коагуляції має наступні **закономірності**:

1. Всі електроліти, узяті у визначеній концентрації, здатні викликати коагуляцію.

2. Частиною електроліту, що коагулює, є тільки той його іон, що несе заряд, протилежний за знаком зарядові колоїдної частки.

3. Коагуляція починається при досягненні деякої мінімальної концентрації електроліту. Найменша концентрація електроліту, що викликає коагуляцію за визначений проміжок часу і виражена в ммоль/мг-еквл, називається порогом коагуляції золячи даним електролітом. Величина, зворотна порогові коагуляції, називається здатністю електроліту, що коагулює.

4. Поріг коагуляції даного електроліту залежить насамперед від величини заряду іона, що коагулює.

Величина порога коагуляції тим менше, чим вище заряд іона, що коагулює. Іншими словами, іони вищого ступеня окислювання викликають явну коагуляцію в набагато менших концентраціях, чим іони нижчого ступеня окислювання. Для деяких систем відношення здатності катіонів, що коагулює, різної валентності виявилось рівним $Me^+ : Me^{2+} : Me^{3+} = 1 : 20 : 350$.

Механізм дії електролітів, що коагулює, досить складний і цілком ще не з'ясований. При електролітній коагуляції іони – коагулятори, завдяки своїй великій адсорбованості, проникають в адсорбційний шар (за площину ковзання) частки, що спричиняє нейтралізацію потенціалвизначаючих іонів, що мають знак заряду, протилежний знакові заряду іонів-коагуляторів. Одночасно під дією електростатичних міжіонних сил іонів електроліту – коагулятора відбувається стиск дифузійного шару частки. Усе це разом узятє приводить до зниження стійкості золячи.

Коагуляцію ліофобної золячи можна викликати додатком до нього іншого золю протилежного знака. У цьому випадку коагуляцію називають взаємною, тому що коагулюють обидва золі. Для повної взаємної коагуляції потрібно дотримувати визначене співвідношення в кількостях реагуючих розчинів. Повна взаємна коагуляція позитивно і негативно заряджених золів відбувається тільки в тому випадку, коли вони узяті в еквівалентних кількостях.

Коагуляція під дією електроліту має місце в природі, наприклад, у ґрунтах, у різних виробничих і біологічних процесах.

Взаємна коагуляція колоїдів має місце в процесах утворення деяких мінералів глин. Так, наприклад, негативно заряджені золі кремнезему (кремнієвих кислот) взаємодіють з позитивно зарядженими золями глинозему (точніше – гідроксиду алюмінію). При цьому в результаті взаємної

коагуляції утвориться змішаний осад гелів кремнезему і глинозему звичайно з домішкою колоїдного гідроксиду заліза. Виділяючи спочатку в аморфному стані, такі утворення можуть поступово переходити в кристалічний стан, і їх частки мають здатність поступово укрупнюватися. Наприклад, так може відбуватися утворення відкладень каоліну. Такого роду процеси взаємної коагуляції відбуваються й у ґрунтах.

Пептизація. Процес переходу пухких опадів (коагулянтів) у колоїдні розчини при дії на них деяких електролітів називається пептизацією. Цей процес є зворотним коагуляції. Механізм пептизації в основному зводиться до підвищення дзета-потенціалу колоїдних часток і до збільшення ступеня сольватації (гідратації). Щоб перетворити скоагульований ліофобний золь назад у стан колоїдного розчину, необхідно повернути загублені їм заряди. Останнє досягається додаванням до осаду потенціалвизначаючих іонів електроліту, застосовуваного в якості пептизатора. Потенціалвизначаючі іони адсорбуються на поверхні часток пухкого осаду і заряджають них. Разом з цим збільшується товщина дифузійного шару противоіонів і ступінь гідратації часток у цілому. Поступово відновлюється нормальна структура міцели. Частки роз'єднуються, і осад знову переходить у золь. Протікання подібних процесів показано на рис. 24.

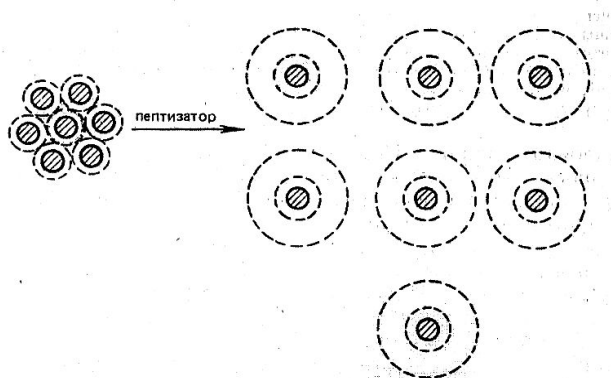
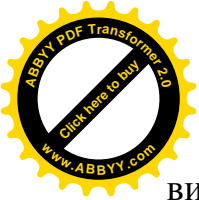


Рис. 24. Механізм пептизації.

Найкраще пептизуються свіжоодержані осадки. При пептизації велике значення має струшування і перемішування осаду з пептизатором, тому що це воно сприяє проникненню пептизатора до міцел осаду. З підвищенням температури швидкість пептизації, як правило, зростає.

Пептизація знаходить широке застосування на практиці. Вона є одним з найбільш розповсюджених методів одержання колоїдних розчинів (наприклад, гідроксидів металів, сульфідів). Пептизація знаходить застосування для збільшення міцності штучно одержуваних колоїдних систем, наприклад при роздробленні речовин у колоїдних млинах. Миюча дія мила також зв'язана з процесом пептизації. Колоїдний іон мила добре адсорбується частками бруду, передає їм заряд і переводить їх у стан колоїдного розчину, тобто пептизує них. У вигляді золячи бруд віддаляється з предмета.

Коагуляція ліофільних золів. Ліофільні золі більш стійкі, чим ліофобні. Для позбавлення їхніх часток стійкої сольватної оболонки додають велику кількість електроліту у виді твердої солі. Цей процес називається



висолюванням. Причому, чим сильніше іон зв'язує розчинник (сольтується), тим сильніше його висолююча дія. Висолювання часто сполучається з охолодженням і введенням іншого розчинника, наприклад, спирту. Ліофільні золі оборотні. Після коагуляції їх можна перевести назад у золь.

13. СТУДНІ І ГЕЛІ. СТРУКТУРОВАНІ СИСТЕМИ

13.1 Види гелів

Більшість розчинів високомолекулярних сполук як, наприклад, агар-агар і желатин, а також багато колоїдних систем (золі гідроксиду заліза й ін.) у відомих умовах можуть утрачати текучість і переходити в особливий твердий стан без видимого поділу на фази. Цей процес називається драглінням або желатинуванням, а продукти, що утворюються при цьому - драгліями і гелями. Вище говорилося про оборотність ліофільних золів. При їхній коагуляції частки дисперсної фази утримують значну частину дисперсійного середовища, наприклад, води. **Гелі - це драгліподібні продукти коагуляції ліофільних золів.**

Гелі відносяться до зв'язнодисперсних систем, на відміну від золів, розведених емульсій і суспензій, що представляють вільнодисперсні текучі системи. Гелі і студні є твердоподібними нетекучими структурованими системами, що утворилися в результаті дії молекулярних сил зчеплення між колоїдними частками або макромолекулами високомолекулярних сполук (рис. 25).

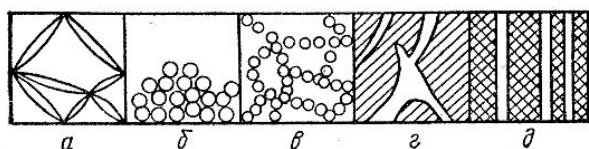


Рис. 25. Зв'язнодисперсні (а-в) і капілярнодисперсні (г, д) системи: а-гель; б- коагулянт зі щільним упакуванням; в- коагулянт з «арочною» структурою.

Гелі мають структуру у вигляді каркаса або сітки, що обмежує їхню текучість. Вони зберігають форму. У результаті утвориться пухка сітка, або каркас, що охоплює весь обсяг розчину. Дисперсійне середовище захоплюється сіткою як губкою, завдяки чому система втрачає текучість і переходить у твердоподібний стан. Отже, драгління обумовлюється не злиттям сольватних оболонок колоїдних часток, а утворенням досить міцної внутрішньої сітчастої структури.

Перехід золячи в драглі супроводжується досить різкою зміною механічних властивостей системи: повною втратою текучості і придбанням нових твердоподібних механічних властивостей – деякої твердості, пружності і механічній міцності. Зовнішньою ознакою моменту переходу золячи в холодець служить утрата розчином плинності – маса не виливається з перекинутої судини.

По своїх властивостях гелі поділяються на крихкі й еластичні.



Крихкі гелі при виділенні з них води зберігають форму і можуть знову поглинати будь-яку рідину. До них відносяться адсорбенти: силікагель, алюмогель.

Еластичні гелі виходять завдяки взаємодії молекулярних сил зчеплення макромолекул органічних полімерів, наприклад, каучуку, желатину, полівінілацетату й ін. Еластичні драглі, поглинаючи або втрачаючи розчинник, порівняно легко змінюють свій обсяг і при висушуванні зберігають еластичність. Поглинання рідини еластичним холодцем супроводжується сильним збільшенням обсягу. Це явище називається набряканням. Самі ж драглі називають що набухають.

Гелеутворення в колоїдних системах і драгліутворення в розчинах органічних полімерів залежать від ряду факторів, з яких найбільш істотними є розміри і форма часток або макромолекул, концентрація, температура, час і присутність електролітів.

Форма часток відіграє велику роль у процесах драглі- і гелеутворення. Експериментально встановлено, що особливо добре желатинуються золі і розчини, утворені палочкоподібними, голчастими і листочкоподібними частками. Витягнута форма часток підвищує імовірність утворення гелю при малих концентраціях дисперсної фази (рис. 25, а).

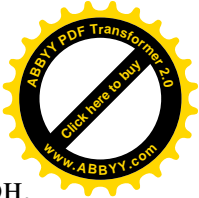
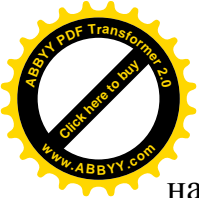
На драглі- і гелеутворення істотний вплив робить концентрація. Драгліття можливо лише при такій концентрації часток, що достатня для виникнення структури. Більш концентровані золі і розчини полімерів легше переходять у гелі і драглії, чим розведені. Наприклад, 2%-ні розчини желатину легко перетворюються при кімнатній температурі в драглії, тоді як 0,5-1%-ні дають слабкі, що важко зберігають форму драглі, а ще більш розведені зовсім не желатинуються. З підвищенням концентрації системи зменшується відстань між частками і макромолекулами, завдяки чому збільшується число зіткнень часток і полегшується утворення структур.

Температура також сильно впливає на процес драгліття. З підвищенням температури збільшується швидкість теплового руху макромолекул або колоїдних часток і зв'язки між ними послабляються, унаслідок чого швидкість драгліття значно знижується; навпаки, зниження температури сприяє драгліттю.

Процес драгліття навіть у досить концентрованих системах не відбувається миттєво, а вимагає визначеного часу. Це поступове структуроутворення зветься дозрівання.

Прикладами зв'язнодисперсних систем, крім гелів, є порошки, концентровані емульсії і суспензії (пасти), піни. Ґрунт, що утворився в результаті контакту й ущільнення дисперсних часток ґрунтових мінералів і гумусових (органічних) речовин, також являє собою зв'язнодисперсну систему.

Суцільну масу речовини можуть пронизувати пори і капіляри, що утворюють капілярнодисперсні системи (рис. 25, г, д). До них відносяться,



наприклад, деревина, різноманітні мембрани, діафрагми, шкіра, папір, картон, тканини.

13.2 Структуровані системи

Існує два типи структурованих систем: коагуляційні і конденсаційні. Розходження складається в неоднаковій природі контакту між частками дисперсної фази. У коагуляційних структурах цей контакт здійснюється через шар дисперсійного середовища (рис. 26, а), через крапкові контакти (рис. 26, в), або при участі

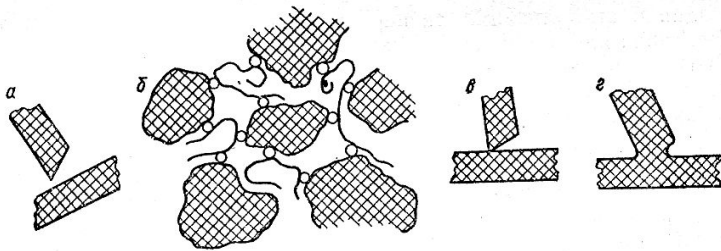


Рис. 26. Види контактів в структурованих системах: а, б- коагуляційні зі сольватними оболонками (а) і високомолекулярними шарами (б); в- точкові; г- фазові контакти.

макромолекул (рис. 26, б).

Конденсаційні структури виникають у результаті зварювання, склеювання, зрощення часток дисперсної фази. Конденсаційні структури поділяються на структури спікання, кристалізаційні структури твердіння. Структури спікання виникають при термічній обробці. Це вище згадані крихкі гелі.

Кристалізаційні структури твердіння виникають при конденсації дисперсної фази з пересичених розчинів або розплавів. При утворенні і рості зародків нової фази з концентрованих розчинів може виникнути безперервний сітчастий каркас шляхом зрощення і переплетення зростаючих часток (рис. 26, г).

Кристалізаційні структури утворюються в процесі гідратаційного твердіння мінеральних в'язких матеріалів (цементів, гіпсу, вапна). Бетонна суміш складається з води, цементу і заповнювачів: піску, гравію, щебеню. Зерна цементу - алюмінати і силікати Са, поступово розчиняються і з пересиченого розчину виділяються менш розчинні кристали гідратів. Твердіння бетону складається в зрощенні і переплетенні цих кристалів, що зв'язують гравій і щебінь у моноліт.

13.3 Тиксотропія

Тиксотропія являє собою оборотний перехід гель \Leftrightarrow золь, що протікає при механічному впливі. Багато гелів і драглів під впливом перемішування або при енергійному струшуванні здатні розріджуватися і переходити в золі або розчини полімерів, що при збереженні в спокої знову драгліють. Якщо отриманий гель або драглі знову перемішати, то він знову розріджується. Такі перетворення можуть бути повторені послідовно багато



разів. Повторне руйнування холодно і гелю без зміни температури і називається тиксотропією (від греч. «тиксис» - струшування і «тропос» – змінюватися). Отже, тиксотропія є оборотний ізотермічний процес:

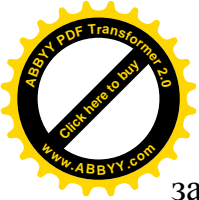
гель \Leftrightarrow золь,
холодець \Leftrightarrow розчин.

Пластинчаста або витягнута форма часток і високий ступінь дисперсності сприяють придбанню системою тиксотропних властивостей. Тиксотропія властива тим гелям, у яких сили, що зв'язують частки більш слабкі, чим сили хімічного зв'язку. При тиксотропних перетвореннях частки дисперсної фази не укрупнюються, тобто ступінь дисперсності не змінюється. Явище тиксотропії пояснюється розривом контактів, що утворюють структуру гелю, з наступним оборотним їхнім відновленням у процесі броуновського руху часток. Періодом тиксотропії називається інтервал часу, протягом якого гель відновлює свою структуру. Фізичний зміст тиксотропного періоду близький до періоду повільної коагуляції і визначається швидкістю дифузії, а також висотою енергетичного бар'єра. Значення тиксотропного періоду для реальних систем можуть складати як частки секунди, так і десятки годин. Строгої кількісної теорії тиксотропії дотепер не існує, незважаючи на величезне практичне значення цього явища.

Прикладом тиксотропної системи може служити суспензія бентонітової глини. При концентраціях дисперсної фази близько 10 % суспензія втрачає текучість, застигає і здобуває пружні властивості, деформується цілком оборотне при невеликих навантаженнях. Однак після струшування її, наприклад, у мірному циліндрі, вона цілком розріджується. Якщо залишити суспензію в спокої, вона через якийсь час знову стає твердоподібною. Присутність у ґрунті навіть невеликих кількостей тиксотропних бентонітових глин може служити причиною зсувів і пливунів. Бентонітові глини знайшли широке застосування при формуванні виробів із глин, піску, у техніці бурового управління глибоких шпар, особливо нафтових, для полегшення руху бура. Розчин, що нагнітається по трубі в шпару під великим тиском, обертає турбобур, а потім піднімається уздовж труби нагору, закріплюючи стінки глинистими частками (у результаті його фільтрації) і виносячи шматки породи на поверхню. Цей глинистий розчин повинний мати тиксотропні властивості з малим тиксотропним періодом, інакше при зупинках процесу бурового управління порода почне осідати на дно і може виявитися причиною аварій, викликаючи прихват інструмента. Тиксотропний глинистий розчин у цих випадках швидко твердіє, утримуючи шматки породи, і відразу ж розріджується в момент поновлення роботи турбобура.

Явище тиксотропії використовується в процесах вібрування бетону при його твердінні.

Тиксотропією пояснюється розрідження мулистих ґрунтів, що знаходяться під вібруючим навантаженням. Дослідження тиксотропних властивостей ґрунтів надзвичайно істотно при прокладці доріг для



залізничного й автомобільного транспорту, а також ліній метрополітену. Багато тиксотропних ґрунтів, у звичайних умовах цілком тверді, легко розріджуються при вібраціях, зв'язаних із проходженням транспорту або роботою машин, що може з'явитися причиною аварій. Типові тиксотропні системи — зсуви і пливуні.

Тиксотропні властивості визначають якість олійних фарб. Вони повинні розріджуватися при русі кисті і відразу ж після цього твердіти, не стікаючи під дією сили ваги.

Впливає, нарешті, відзначити, що тиксотропними властивостями володіють як сама протоплазма, так і більш великі біологічні структури, наприклад, м'язові волокна.

13.4 Синерезис

При збереженні гелів і драглів у системах відбуваються зміни, зв'язані з агрегацією часток, підвищенням твердості й еластичності і т.д. Зміна властивостей гелів у процесі їхнього збереження називається старінням системи. При старінні гелів і драглів відбувається мимовільний поділ гелю або холодоцю на дві фази: рідину і гель. Це явище називається синерезисом, або відмоканням. Синерезис виявляється в тім, що при збереженні гелів і драглів на їхній поверхні з'являються крапельки рідини, що поступово збільшуються і зливаються в суцільну масу. При цьому сам гель або холодець стискується і стає менш прозорим. Зменшуючись в обсязі в процесі синерезису, гелі і драглі зберігають форму тієї судини, куди були налиті у виді рідини до драгління.

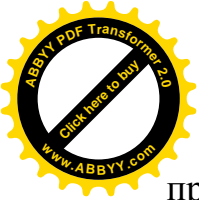
Великий вплив на синерезис робить температура і домішки, зокрема електроліти. Підвищення температури прискорює синерезис. Електроліти й інші речовини, що знижують розчинність речовини дисперсної фази, також сприяють синерезисові.

Механізм синерезису полягає надалі процесі структурування системи. Під дією сил взаємного притягання колоїдні частки продовжують зближатися й ущільнюватися, завдяки чому сітчаста структура згодом стискується усе більш і більш і вичавлює дисперсійне середовище, укладене усередині сітки. Тому обсяг гелю при синерезисі зменшується.

14. МІКРОГЕТЕРОГЕННІ СИСТЕМИ

Мікрогетерогенними системами називаються дисперсні системи, частки дисперсної фази яких видні в звичайні оптичні мікроскопи (розмір часток не менш 1 мкм). До мікрогетерогенних систем відносяться порошки, суспензії, емульсії, піни.

Мікрогетерогенні системи є седиментаційно нестійкими: їхні частки осідають під дією сили ваги. Для того щоб мікрогетерогенна система



придбала агрегативну стійкість, необхідно ввести в неї поверхнево-активну речовину, тобто стабілізатор.

14.1 Суспензії

Суспензії - це мікрогетерогенні системи, у яких частки твердої речовини зважені в рідкому дисперсійному середовищі, тобто суспензії являють собою суспензії порошків у рідинах. Це грубодисперсні, седиментаційно нестійкі системи. Суспензії найчастіше одержують шляхом механічного диспергування нерозчинних твердих речовин у рідкому середовищі.

Для одержання агрегативно стійкої суспензії необхідні наступні умови: 1) великий ступінь дисперсності, щоб частки осідали досить повільно; 2) зв'язок часток з рідиною, тобто змочування поверхні речовини дисперсної фази даною рідиною, щоб затримати осідання і перешкоджати злипанню часток один з одним; 3) наявність стабілізатора.

Раніше уже відзначалося, що ліофільні і ліофобні частки розрізняються по їхній здатності змочуватися. Гідрофільними мінеральними порошками є Zn , Fe_2O_3 , $CaCO_3$, Al_2O_3 і ін., гідрофобними – сажа, каучук, ін. Якщо частки суспензії є ліофільними стосовно дисперсійного середовища, тобто добре змочуються рідиною, то на них утворюється сольватна оболонка, що перешкоджає зчепленню часток і система здобуває агрегативну стійкість. Сольватна оболонка для розведених суспензій є стабілізатором. Якщо змочування недостатнє, то сольватна оболонка не утвориться, і частки легко мимовільно злипаються.

Іноді при коагуляції суспензій утворюються великі пластівці, що погано змочуються середовищем і спливають на поверхню. Таке явище називається флокуляцією.

Суспензії полярних мінеральних порошків (наприклад, окису заліза або окису алюмінію) у воді стійкі, тоді як у неполярних рідких вуглеводнях (наприклад, у бензолі) вони агрегативно нестійкі, частки в них коагулюють і дуже швидко осідають. Для того, щоб зробити ці суспензії стійкими необхідно до бензолу додати поверхнево-активний стабілізатор. Молекули поверхнево-активної речовини адсорбуються своїми полярними групами - $COOH$ на полярній поверхні часток порошку, а неполярними вуглеводневими радикалами орієнтуються в дисперсійне середовище. Така поверхня добре змочується бензолом, і навколо часток Al_2O_3 утвориться сольватна оболонка.

Суспензії неполярних мінеральних порошків, наприклад сажі, у бензолі стійкі, а у воді, навпаки, хитливі. Однак таку суспензію можна зробити стійкою шляхом додатка до води поверхово – активної речовини. У цьому випадку молекули стабілізатора будуть адсорбуватися неполярними вуглеводними радикалами на неполярній поверхні сажі; полярні ж групи орієнтуються в дисперсійне середовище, унаслідок чого і відбувається

сольватація часток. Приклад подібної стабілізації суспензії приведений на рис. 27.

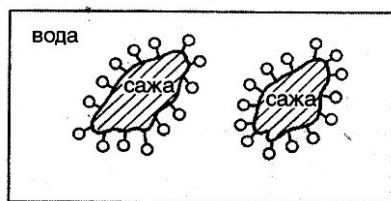


Рис. 27. Стабілізація суспензії сажі ПАР.

Для суспензій характерні такі явища як фільтрація і **кольматація**. Фільтрація через пористі мембрани приводить до поділу суспензій на тверду і рідку фази. Кольматацією називають процес, призначений для зменшення водопроникності гідротехнічних споруджень із ґрунтів – дамб, гребель – шляхом «вмивання» у них високодисперсних глин або мулу, частки яких проникають у пори ґрунту і закупорюють них.

Підвищення концентрації дисперсної фази до гранично можливої величини в суспензіях приводить до утворення паст. **Паст** - це – **висококонцентровані суспензії**. Паста агрегативно стійка в присутності достатньої кількості сильних стабілізаторів, коли частки дисперсної фази в них добре сольватовані і розділені тонкими плівками рідини, що служить дисперсійним середовищем. Відсутність вільної рідкої фази додає таким системам високу в'язкість і деяку механічну міцність. За рахунок численних контактів між частками в пастах може йти утворення просторових структур і спостерігається явище тиксотропії.

Суспензії знаходять широке застосування в ряді важливих виробництв. Розведені суспензії застосовуються у фарбуванні тканин. Концентровані суспензії застосовуються в керамічній промисловості (гончарного, фаянсового, порцелянового виробництва), у промисловості будівельних матеріалів – цементу, глини, вапна й ін., у лакофарбовому виробництві – готування олійних фарб і кольорових лаків. У формі суспензій застосовують багато будівельних матеріалів - цементу, глини, фарби, лаки. Велике значення мають суспензії в ґрунтовій агротехніці.

14.2 Емульсії

Емульсіями називаються дисперсні системи, у яких дисперсійне середовище і дисперсна фаза знаходяться в рідкому стані. Звичайно емульсії є грубодисперсними системами. Такі системи часто зустрічаються в природі, наприклад, молоко, молочний сік каучуконосних рослин. У першому випадку жир, а в другому – вуглеводень каучуку дисперговані у воді. Обидві ці речовини майже не розчиняються в дисперсійному середовищі, тобто у воді. **Емульсії – це мікрогетерогенні системи, що складаються з двох практично взаємно нерозчинних рідин.**



На практиці найчастіше зустрічаються водні емульсії, тобто емульсії в які однієї з двох рідин є вода. Такі емульсії підрозділяються на два типи: масло у воді (м/в) і вода в маслі (в/м). В емульсіях першого типу (прямих) масло є дисперсною фазою, а вода – дисперсійним середовищем. В емульсіях другого типу (зворотних) вода є роздробленою у виді крапельок дисперсною фазою, а масло – дисперсійним середовищем.

По своїх властивостях, у першу чергу по агрегативної стійкості, емульсії поділяються на дві групи: емульсії розведені, у яких концентрація дисперсної фази мала (менше 1%), і емульсії концентровані, в яких концентрація дисперсної фази значна (об'ємна концентрація перевищує 1 %).

Розведені емульсії характеризуються власною стійкістю у відсутності спеціального емульгатора (стабілізатора). Звичайно концентрація таких емульсій не перевищує 0,01 – 0,1 %, завдяки чому імовірність зіткнення утворюючих їхніх крапельок дисперсної фази дуже невелика.

У концентрованих емульсіях на відміну від розведених при істотній концентрації дисперсної фази злиття крапельок протікає з великою швидкістю й емульсія за короткий проміжок часу розділяється на два шари. Одержання стійких концентрованих емульсій можливо тільки в присутності спеціальних емульгаторів - речовин, що, адсорбуючись на поверхні крапельок, перешкоджають їхньому злиттю і додають системі агрегативну стійкість. Застосовані в техніці мастильно-охолодні рідини - емульсії масла фрезолу у воді мають стабілізатори луги.

Емульгатори, у залежності від їхньої хімічної природи, можуть стабілізувати емульсію як шляхом зниження міжфазового поверхневого натягу, додання часткам емульсії електричних зарядів, однакових за знаком, так і шляхом утворення з емульгатора на поверхні крапельок механічно міцних захисних плівок. Такі плівки захищають частки емульсії від взаємного злиття при їхньому зіткненні, причому цей фактор може бути більш важливим, чим дія електричних зарядів. Особливо це відноситься до концентрованих емульсій, у яких емульгатори, що повідомляють тільки заряд часткам, уже не забезпечують стійкості.

До емульгаторів, здатних утворювати міцні захисні плівки, відносяться високомолекулярні сполуки, наприклад, сапонін, білки (желатин, казеїн), каучук, смоли, солі жирних кислот (мила) і ін. Зазначені речовини, особливо мила, володіючи деякою поверхневою активністю, адсорбуються на поверхні крапель емульсії й утворюють структуровану оболонку, що є міцною і пружною.

Тип концентрованої емульсії залежить від природи емульгатора. Емульсії першого типу (м/в) стабілізуються розчинними у воді високомолекулярними сполуками, наприклад, білками або милами (олеат натрію й ін. мила лужних металів). Емульсії другого типу (в/м) стабілізуються високомолекулярними сполуками, розчинними у вуглеводнях, наприклад, милами з полівалентними катіонами (олеатом кальцію й ін.). Емульгатор

повинний мати велику спорідненість з тією рідиною, що є дисперсійним середовищем.

На рис. 28 схематично показано утворення адсорбційних захисних шарів для емульсій першого і другого типу. В емульсіях типу масло у воді молекули мила, адсорбуючись на поверхні крапельки масла своїми неполярними вуглеводними радикалами, орієнтуються у бік масла (розчиняються в ньому), а полярними групами звернені в дисперсійне середовище, яким є полярна рідина – вода.

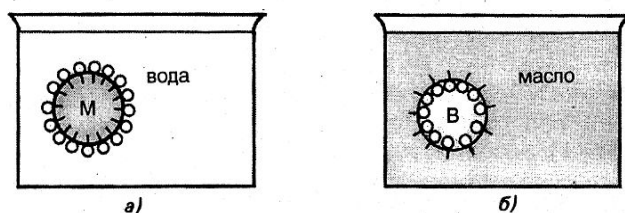
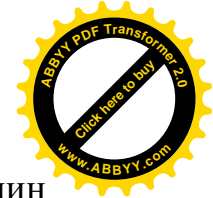


Рис. 28. Стабілізація часток емульсій: а- пряма емульсія М/В; б- зворотна емульсія В/М.

В емульсіях типу в/м спостерігається протилежна орієнтація. У них полярні групи молекул мила занурені в краплі емульгованої води, а вуглеводні радикали – у дисперсійне середовище – масло. Ефективний, правильно обраний емульгатор дозволяє одержувати емульсію необхідного типу з дуже високою концентрацією дисперсної фази – 99%.

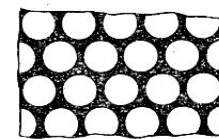
У розведених і концентрованих емульсіях краплі мають кулясту форму. В емульсіях з концентрацією 74 % краплі мають ще сферичну форму, але вже розташовані впритул друг до друга. Подальше додавання рідини, що складає дисперсну фазу, приводить до деформації крапель, місця їхніх контактів із точкових перетворюються в площині. Поступово емульсія здобуває стільникоподібну будову. У таких емульсіях краплі мають форму багатогранників, дисперсійне середовище розташовується у виді тонких прошарків між деформованими краплями. При концентраціях вище 90 % емульсії здобувають властивості гелів, тому них називають желатинованими. Вони не мають текучості і не здатні до седиментації. **Желатиновані емульсії** характеризуються великою стійкістю, міцністю й іншими механічними властивостями, що обумовлені наявністю в них найтоншої структури з двомірного холодцю. Різні приклади концентрованих емульсій приведені на рис. 29.

Желатинованими емульсіями є консистентні змащення, маргарин, вершкова олія, густі креми. Звичайними емульсіями вважаються молоко, вершки, рідини, застосовувані при обробці металів. Деякі ліки виготовляють у вигляді емульсій.

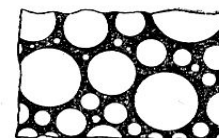


Емульсії звичайно дуже нестійкі системи, крапельки при зіткненні один з одним зливаються і дисперсна система поступово розшаровується на дві рідини, що не змішуються. Процес мимовільного злиття рідких крапель, що закінчується розшаруванням емульсії на складові її рідини, називається коалесценцією. **Коалесценція** являє

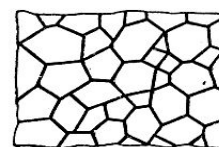
Рис. 29. Упакування крапель в емульсіях з великим вмістом дисперсної фази : а- монодисперсна емульсія з вмістом дисперсної фази 4% об.; б- полідисперсна емульсія; в- желатинована емульсія.



а



б



в

собою особливу форму коагуляції. Однак злиття крапель може бути неповним, при цьому можуть утворитися агрегати крапель, що зберігають свою індивідуальність і за певних умов знову розходяться. Такий процес оборотної коагуляції називається **флокуляція**.

У деяких випадках виникає необхідність прискорити руйнування емульсій, наприклад, емульсій у сирій нафти. Прискорити процес руйнування можна всіма шляхами, що ведуть до зменшення міцності захисної плівки емульгатора і збільшенню можливості зіткнення часток один з одним.

Методів руйнування емульсії (деемульгування) дуже багато. Найбільш важливими є наступні:

1. Хімічне руйнування захисних плівок емульгатора, наприклад, дією сильної неорганічної кислоти.
2. Термічне руйнування – розшарування емульсій нагріванням. З підвищенням температури зменшується адсорбція емульгатора, що веде до руйнування емульсії.
3. Механічний вплив. До цього методу відноситься механічне руйнування стабілізованих плівок, наприклад, збивання вершків в масло. Центрифугування також відноситься до механічного впливу.
4. Дія електролітів викликає руйнування емульсій, стабілізованих електричним зарядом часток.

Емульсії знаходять застосування в багатьох хіміко-технологічних процесах – у миловарінні, у виробництві молочних продуктів, у виробництві емульсійних фарб, у дорожній справі (бітумні емульсії), у виробництві каучуків шляхом полімеризації у виді водних емульсій, різних пластмас і в інших виробництвах.

15. СИСТЕМИ З ГАЗОПОДІБНОЮ ДИСПЕРСНОЮ ФАЗОЮ

Піни - це дисперсні системи, у рідкому або твердому дисперсійному середовищі яких розподілені дрібні пухирці газу. Піни звичайно утворюються з розчинів ПАР, тому що низький поверхневий натяг середовища полегшує утворення плівок.



Піни з рідким дисперсійним середовищем нестійкі, а піни з твердими перегородками можуть існувати необмежено довго.

У пінах обсяг газоподібної дисперсної фази (звичайно повітря) v_{Γ} значно перевищує обсяг дисперсійного середовища $v_{\text{ж}}$. Основними характеристиками піни є: кратність; кінетична стійкість, що характеризується часом мимовільного руйнування стовпа піни на половину довжини; дисперсність. Кратність піни виражається відношенням обсягу піни до обсягу вихідного розчину піноутворювача:

$$B = (v_{\Gamma} + v_{\text{ж}}) / v_{\text{ж}}$$

Для «вологих» пін, що складаються зі сферичних пухирців газу, розділених товстими прошарками $v < 10$; для «сухих» пін з тонкими прошарками v досягає 1000. Сучасна класифікація вільних плівок виділяє два основних типи: товсті плівки, усередині яких мається шар рідини, що володіє властивостями об'ємної рідкої фази, і тонкими, утвореними тільки поверхневими шарами. Дисперсійне середовище в тонких плівках являють собою сукупність молекул ПАР. Чиста вода не може утворити стійкої плівки. Багато ПАР можуть у визначених умовах забезпечувати стійкість вільних плівок. Будова піни показана на рис. 30.

Стабілізація плівки високомолекулярними сполуками (наприклад,

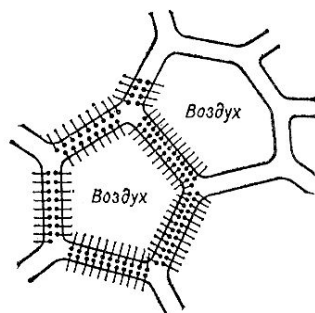
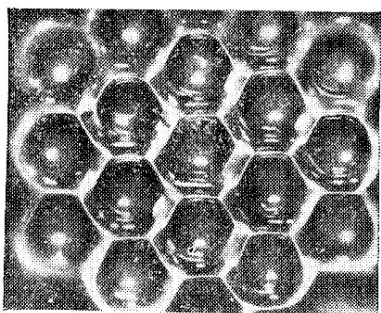


Рис. 30. Загальний вид піни гексагональної симетрії; стабілізація піни молекулами ПАР.

білковими речовинами) веде до утворення високов'язких і міцних просторових структур у поверхневому шарі, що сильно сповільнюють стоншення і розрив плівки. Стабілізатори цього типу називаються сильними піноутворювачами.

Застосування як стабілізаторів полімеризуючихся речовин приводить до повного отвердіння піни. Таким способом одержують пінопласти, пінобетони, пінорезини.

Для одержання пін застосовують як диспергаційні (струшування, інтенсивне перемішування, продавлювання газу в рідину через пористі фільтри), так і конденсаційні методи (виділення нової фази газу при кипінні або перенасиченні); прикладом останнього може служити реакція, застосовувана при виготовленні пінобетону:





Піни використовуються при гасінні пожеж. Отверджені піни широко використовують як будівельні матеріали, що володіють високоміцними (відсутність тріщин), тепло- і звукоізоляційними властивостями.

16. СИСТЕМИ З ГАЗОПОДІБНИМ ДИСПЕРСІЙНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Дисперсні системи з газовим дисперсійним середовищем називають аерозолями. Відмінність аерозолів від ліозолів обумовлено розрідженістю і меншою в'язкістю дисперсійного газового середовища, тому седиментація часток йде значно швидше, ніж у ліозолях. Крім цього, у газовому середовищі не може відбуватися електролітична дисоціація і, отже, неможливе утворення подвійного електричного шару з іонів навколо часток.

Класифікація аерозолів. Аерозолі класифікують за агрегатним станом дисперсної фази, по дисперсності і по методах одержання.

Виходячи з першого принципу, аерозолі поділяють на тумани – системи з рідкою дисперсною фазою і дими – системи з твердими частками. До димів варто віднести і пилу – системи з твердими, але більш великими частками. Часто на практиці «дим» означає аеродисперсну систему, що виникає при згорянні палива і містять як тверді частки сажі і золи, так і рідкі частки продуктів перегонки палива і краплі води, що утворилися в результаті конденсації водяної пари. Дими, у яких частки дисперсної фази адсорбували значну кількість вологи з атмосфери, є одночасно і димами і туманами. Такі системи, що часто утворюються при великому змісті вологи в задимленій атмосфері над промисловими містами, називаються смогами.

По дисперсності аерозолі з твердою дисперсною фазою розділяються на дими з частками $10^{-7} - 10^{-3}$ см і на пили, розмір часток яких більше 10^{-3} см. Тумани звичайно мають досить великі крапельки з розміром $10^{-5} - 10^{-3}$ см.

За походженням аерозолі розділяють на диспергаційні і конденсаційні. Диспергаційні аерозолі, як правило, полідисперсні і мають великі частки. Конденсаційні аерозолі, отримані з пересичених пар або в результаті хімічних реакцій, звичайно є вискодисперсними системами з більш однорідними за розмірами частками.

Форма часток аерозолів залежить від агрегатного стану речовини дисперсної фази. У туманах крапельки рідини кулясті. У димах вони можуть мати саму різноманітну форму: голчасту, пластинчасту, зіркоподібну.

Молекулярно-кінетичні властивості аерозолів: термофорез, фотофорез і термопреципітація.

Явище термофорезу полягає в русі часток аерозолу в напрямку зниження температури. На більш нагріту сторону частки молекули газу налітають з більшою швидкістю, чим на менш нагріту, і, отже, повідомляють частці імпульс у напрямку зниження температури.



Фотофорез, що полягає в пересуванні часток аерозолію при їхньому однобічному висвітленні, є часткою термофореза.

Термофорез і фотофорез мають велике значення в русі атмосферних аерозолів, наприклад, при утворенні хмар. Термофорез водяних крапельок, зважених у повітрі, виникає при зіткненні холодних і теплих повітряних мас.

Термопреципітація – це осадження часток аерозолію на холодних поверхнях, оскільки при зіткненні з такими поверхнями частки втрачають кінетичну енергію. Саме термопреципітацією пояснюється осадження пилу на стінах і стелі біля печей, радіаторів, а також у трубах.

Електричні властивості. Як уже вказувалося, навколо часток у системах з газовим дисперсійним середовищем не можуть виникати подвійні електричні шари. Проте частки аерозолів у визначених умовах можуть бути заряджені, хоча заряд їхній звичайно невеликий і рідко перевищує елементарний електричний заряд більш ніж у 10 разів. Електричний заряд на частках аерозолію виникає або в результаті утворення і наступного порушення контакту часток один з одним або з якою-небудь поверхнею, або внаслідок адсорбції на поверхні іонів газу. Заряд частки аерозолію тим більше, чим більше її розміри.

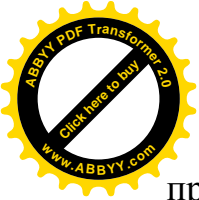
Агрегативна стійкість. При досить великих тисках на поверхні часток аерозолію виникає полімолекулярний дифузійний шар газу, утримуваний адсорбційними силами. Наявністю газової оболонки, зокрема, пояснювали незлежуваємість порошків при збереженні, здатність порошків текти подібно рідинам і незмочуваємість твердих часток аерозолів рідиною. Відомо, що дим може проходити через воду, причому частки дисперсної фази не залишаються у воді.

Поверхня твердих часток аерозолів також може бути покрита плівкою рідини. Наприклад, у звичайного диму така плівка може складатися з рідких продуктів перегонки палива і зі сконденсованої вологи.

В аерозолях завжди йде процес коагуляції, що пояснює порівняно невеликий термін життя будь-якого аерозолію. Максимальну нестійкість виявляють аерозолі з найбільш великими і найбільш дрібними частками. Перші частки хитливі через велику швидкість осідання їхніх часток, другі не можуть довго існувати внаслідок інтенсивного броуновського руху, що призводить до зіткнення часток і утворенню агрегатів. Руйнування аерозолів прискорюється при наявності в них протилежно заряджених часток.

Практичне значення аерозолів. Природні аерозолі – хмари і тумани – мають величезне значення для метеорології і сільського господарства, оскільки вони визначають випадання опадів і в значній мірі обумовлюють клімат того або іншого району. Такі природні явища, як дощ або сніг, гроза, веселка, цілком визначаються наявністю в атмосфері аерозолів.

Не менше значення мають аерозолі, що виходять у результаті практичної діяльності людей. У металургійних і хімічних виробництвах у повітря викидаються величезні кількості диму. Наявність в атмосфері



промислових міст великої кількості диму при достатній вологості повітря сприяє утворенню тумана. У виробництві аерозолі утворюються при роботі різного роду машин – дробарок, млинів. Особливо шкідливий пил, що містить дрібні гострі осколки кварцу. Тривале вдихання такого пилу викликає важке захворювання – силікоз. Подібні захворювання викликають аерозолі тальку, азбесту, оксиду цинку.

У вугільних шахтах утворення пилу може служити причиною сильних вибухів. Небезпека вибуху можлива на всіх підприємствах, що переробляє матеріали в порошкоподібному стані, здатні горіти, але в звичайному виді цілком безпечні (борошно, цукор, сірка). Вибухи аерозолів небезпечніші, ніж вибухи газів, тому що перехід від твердого або рідкого стану речовини до газоподібного супроводжується набагато великим збільшенням обсягу системи, чим при газових реакціях.

У деяких випадках аерозолі відіграють позитивну роль і їх приходиться спеціально одержувати особливими методами. Наприклад, розпилення до стану аерозолу застосовують при подачі твердого або рідкого палива в топку. Одержання аерозолу фарби або лаку шляхом пневматичного розпилення використовується для фарбування поверхонь і предметів. Подібний прийом використовують при металізації поверхонь. Величезне значення має розпилення інсектицидів, фунгіцидів і гербіцидів у сільському господарстві при боротьбі зі шкідливими комахами, грибками і бур'янами. У медицині аерозолі застосовують для введення лікарських речовин в організм шляхом інгаляції. Особливе значення аерозолі мають у військовій справі при світломаскуванні.

Питання для самоперевірки

Розділ 1:

1. Які системи називаються дисперсними?
2. Охарактеризуйте групи дисперсних систем відповідно до ступеня дисперсності. У чому відмінність властивостей щирих розчинів від колоїдних?
3. Приведіть приклади класів дисперсних систем відповідно до агрегатного стану дисперсної фази і дисперсійного середовища. До якого класу відносяться суспензії, будівельний матеріал туф?

Розділ 2:

1. Перелічіть умови утворення дисперсних систем.
2. У чому складається принципова відмінність методів одержання дисперсних систем: диспергування і конденсації?
3. Назвіть основні конденсаційні методи.
4. Золь сірки одержують, уливаючи спиртовий розчин сірки у воду. Класифікуйте даний метод одержання колоїдного розчину.



5. Золь срібла одержують при додаванні до розчину $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ таніну. Класифікуйте описаний метод одержання золячи.

Розділ 3

1. Які методи очищення колоїдних розчинів Вам відомі?
2. У чому полягає різниця між діалізом і електродіалізом?

Розділ 4:

1. Охарактеризуйте поняття седиментаційної рівноваги. Які дисперсні системи є седиментаційно нестійкими?
2. Які фактори визначають швидкість седиментації?
3. Чим відрізняються оптичні властивості колоїдних і щирих розчинів?

Розділ 5:

1. Охарактеризуйте поняття «поверхневі явища». Чим відрізняється положення молекул на границі розділу фаз від положення в обсязі фази?
2. Що таке поверхневий натяг? У яких одиницях він вимірюється?
3. Як змінюється поверхневий натяг у присутності в розчині ПАР, ПНР і ППР?
4. Яка будова дифільної молекули? Приведіть приклади ПАР.
5. Зобразіть орієнтацію молекул ПАР на міжфазовій границі парафін – вода.
6. Що таке величина адсорбції? Як вона змінюється зі збільшенням концентрації ПАР?
7. Перелічіть основні види сорбції.
8. Що таке сорбат і сорбент?
9. У чому полягають відмінності хемосорбції і фізичної адсорбції?
10. Назвіть основні ознаки адсорбційного процесу.
11. Сформулюйте правило Ребіндера для молекулярної адсорбції.

Розділ 6

1. Що таке іонна адсорбція і які її характерні ознаки?
2. Перелічіть й охарактеризуйте види іонної адсорбції сильних електролітів.
3. Назвіть основні види іонітів і їхні функціональні групи.
4. Що таке іонообмінні смоли? У чому полягає метод іонного обміну (проілюструйте на прикладі водопом'якшення).

Розділ 7:

1. Що таке змочування і які його типи існують?
2. Проілюструйте випадки неповного змочування. Яке значення має крайовий кут змочування в кожному випадку?
3. Поясніть сутність явища інверсії змочування на прикладі гідрофобізації бетону.

Розділ 8:

1. Для чого використовуються пластифікатори цементного тесту? Назвіть їхні основні види.



2. Наведіть приклади речовин, використовуваних у якості повітрявовлекаючих добавок, пластифікаторів гідрофілізуючого і гідрофобізуючого типів.

3. Який механізм дії КГПД і суперпластифікаторів?

4. Для яких бетонних сумішей ефективно застосування того або іншого виду пластифікаторів?

Розділ 9:

1. У чому відмінність явищ когезії й адгезії? Чим вони характеризуються кількісно?

2. Де на практиці використовуються явища когезії й адгезії?

Розділ 10:

1. Перелічить шари міцели ліофобного золячи.

2. Які іони потенціалвизначаючі або противоіони визначають заряд колоїдної частки?

3. Напишіть дві формули міцел золячи $BaSO_4$, що утворюються по реакції подвійного обміну між електролітами: $Na_2SO_4 + BaCl_2$ за умови надлишку: а) сульфату натрію; б) хлориду барію. Відповідно до яких критеріїв вибиралися потенціалвизначаючі іони?

4. Охарактеризуйте явища електрофореу і електроосмосу. До якого полюса будуть рухатися колоїдні частки золів сульфату барію (див. попереднє питання) при проведенні електрофореу?

5. Де на практиці використовуються явища електрофореу і електроосмосу?

Розділ 11:

1. Від яких факторів залежить ступінь стійкості дисперсних систем?

2. Як взаємозалежні агрегативна стійкість золів і розмір часток їхньої дисперсної фази?

3. Поясніть причину підвищеної кінетичної стійкості літозолів у порівнянні з ліозолями або аерозолями?

4. Який характер стабілізації ліофобних і ліофільних золів?

Розділ 12:

1. У чому основні відмінності коагуляції ліофобних і ліофільних золів?

2. Назвіть закономірності коагуляції ліофобних золів.

3. Який механізм пептизації?

Розділ 13:

1. У чому відмінність вільно- і зв'язнодисперсних систем? Приведіть приклади.

2. Дайте характеристику еластичним і крихким гелям.

3. Перелічить фактори, що впливають на процес гелеутворення.

4. Чим відрізняються коагуляційні і конденсаційні структуровані системи?

5. До якого виду структурованих систем відноситься бетон?



6. Поясніть сутність явища тиксотропії. Яке практичне застосування воно має?

7. У чому складається механізм синерезису?

Розділ 14:

1. Перелічіть основні мікрогетерогенні системи.

2. Класифікуйте суспензії, пасти й емульсії за агрегатним станом їхньої дисперсної фази і дисперсійного середовища.

3. Назвіть умови стабілізації суспензії з частками дисперсної фази ліофобної і ліофільної природи.

4. Чим розрізняються емульсії м/в і в/м?

5. На які групи поділяються емульсії по агрегативній стійкості?

6. Які явища лежать в основі дії емульгаторів?

7. Назвіть методи руйнування емульсій.

Розділ 15:

1. Класифікуйте піни за агрегатним станом їхньої дисперсної фази і дисперсійного середовища.

2. Перелічіть основні характеристики пін.

Розділ 16:

1. Класифікуйте пилу, дими і тумани за агрегатним станом їхньої дисперсної фази і дисперсійного середовища.

2. Які класифікації аерозолів існують?

3. Перелічіть і поясніть сутність молекулярно-кінетичних властивостей аерозолів.



ЛИТЕРАТУРА

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии.- М.: Химия, 1976.- 512 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия.- Л.: Химия, 1983.- 704 с.
3. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия.- М.: Высш. шк., 1990.- 487 с.
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии.- Л.: Химия, 1984.- 368 с.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии.- М.: Химия, 1982.- 395 с.
6. Красовский И.В., Вайль Е.И., Безуглый В.Д. Физическая и коллоидная химия.- К.: Вища школа, 1983.- 345 с.
7. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества, свойства и применение.- Л.: Химия, 1975.- 255 с.



ЗМІСТ

с.

Вступ.....	
1. Поняття про дисперсні системи і їхня класифікація.....	
2. Методи одержання дисперсних систем.....	
2.1 Диспергування.....	
2.2 Конденсаційні методи.....	
3. Методи очищення колоїдних розчинів.....	
4. Молекулярно-кінетичні й оптичні властивості дисперсних систем.....	
4.1 Дифузія і седиментація.....	
4.2 Оптичні властивості колоїдних систем.....	
5. Поверхневі явища і сорбція.....	
5.1 Поверхнево-активні речовини.....	
5.2 Сорбція.....	
5.3 Адсорбція на поверхні твердих тел.....	
5.4 Молекулярна адсорбція з розчинів.....	
6. Іонна адсорбція.....	
6.1 Іоніти.....	
6.2 Іонообмінний метод очищення і зм'якшення води.....	
7. Змочування.....	
8. Пластифікатори цементного тіста.....	
9. Когезія й адгезія.....	
10. Електричні властивості дисперсних систем. Електрокінетичні явища.....	
11. Агрегативна і кінетична стійкість колоїдних систем.....	
12. Коагуляція і стабілізація колоїдних систем.....	
13. Студні і гелі. Структуровані системи.....	
13.1 Види гелів.....	
13.2 Структуровані системи.....	
13.3 Тиксотропія.....	
13.4 Синерезис.....	
14. Мікрогетерогенні системи.....	
14.1 Суспензії.....	
14.2 Емульсії.....	
15. Системи з газоподібною дисперсною фазою.....	
16. Системи з газоподібним дисперсійним середовищем.....	
Питання для самоперевірки	
Література.....	



Навчальне видання

«Поверхневі явища. Дисперсні системи»

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів спеціальностей

7.070801, 7.092105, 7.092106

за дисципліною “Хімія”

Укладачі: ХОБОТОВА Еліна Борисівна

МАРАКІНА Лариса Дмитрівна

Відповідальний за випуск Н.В. Внукова

План 2005, поз. _____.

Підписано до печатки _____ . Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. _____ . Уч-изд. л. _____ .

Замовлення № _____ Тираж _____ екз. Ціна договірна.

ХНАДУ, 61002, Харків, вул. Петровського, 25

Підготовлено і видруковано видавництвом Харківського національного
автомобільно- дорожнього університету