

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ, БІОЛОГІЇ І БІОТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОФІЗИЧНОЇ ХІМІЇ І НАНОБІОТЕХНОЛОГІЙ

Ю. О. Лесишина, О. С. Цяпало

ХІМІЯ КОЛОЇДНИХ І НАНОСИСТЕМ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для здобувачів спеціальності 102 Хімія

Вінниця
ДонНУ імені Василя Стуса
2020

УДК 577.77./72(076.5)

Л 501

*Рекомендовано до друку вченою радою
факультету хімії, біології і біотехнологій
Донецького національного університету імені Василя Стуса
(протокол № 9 від 25 червня 2020 р.)*

Укладачі: Ю. О. Лесишина, канд. хім. наук, доцент;

О. С. Цяпало, старший викладач.

Рецензенти: О. І. Хижан, канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Н. Г. Леонова, канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри неорганічної, органічної та аналітичної хімії ДонНУ імені Василя Стуса.

Лесишина Ю. О., Цяпало О. С.

Л 501 Хімія колоїдних і наносистем: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів спеціальності 102 Хімія / Ю. О. Лесишина, О. С. Цяпало. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2020. 36 с.

У навчальному виданні наведені методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, що передбачені під час вивчення дисципліни «Хімія колоїдних і наносистем». Навчальне видання розраховане на здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 102 Хімія.

УДК 577.77./72(076.5)

© Лесишина Ю. О., 2020

© Цяпало О. С., 2020

© ДонНУ імені Василя Стуса, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота № 1 ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РІДИН МЕТОДОМ ПІДРАХУНКУ КРАПЕЛЬ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИНИ, ЩО ДОСЛІДЖУЄТЬСЯ	5
Лабораторна робота № 2 АДСОРБЦІЯ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ПОВЕРХНІ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ.....	12
Лабораторна робота № 3 ВИБІРКОВА АДСОРБЦІЯ. ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ПЕРЕБІГ АДСОРБЦІЇ НА МЕЖІ ПОВЕРХНІ РІДИНА–ТВЕРДЕ ТІЛО	18
Лабораторна робота № 4 ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ МІЦЕЛОУТВОРЕННЯ	21
Лабораторна робота № 5 ОДЕРЖАННЯ Й ОЧИЩЕННЯ ЛІОФОБНИХ ЗОЛІВ	28
Лабораторна робота № 6 ДОСЛІДЖЕННЯ КОАГУЛЯЦІЇ ЛІОФОБНИХ ЗОЛІВ, ЗАХИСТ ВІД КОАГУЛЯЦІЇ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	36

ВСТУП

Хімія колоїдних і наносистем – дисципліна, що вивчає дисперсний стан речовин і поверхневі явища в дисперсних системах.

Завдання курсу «Хімія колоїдних і наносистем»:

а) з'ясування особливих властивостей поверхонь розподілу фаз, природи і механізмів поверхневих явищ;

б) визначення специфічних властивостей колоїдних і наносистем, їхніх відмінностей, порівняно з хімічними речовинами та граничними системами;

в) створення колоїдно-хімічних основ інтенсифікації та оптимізації технологічних процесів за участю колоїдних і наносистем та колоїдно-хімічних процесів.

У процесі вивчення дисципліни передбачене виконання лабораторних робіт, що спрямовані на закріплення теоретичного матеріалу, розвиток хімічного мислення, набуття практичних вмінь та навичок.

До виконання лабораторних робіт допускаються здобувачі, які вивчили правила техніки безпеки в хімічній лабораторії.

Під час виконання лабораторних робіт здобувач повинен:

1. Повторити необхідний матеріал лекцій з теми лабораторної роботи.
2. Уважно ознайомитися з методичними вказівками до лабораторної роботи.
3. Одержати допуск до виконання лабораторної роботи та відповісти на контрольні питання.
4. Виконати та оформити роботу в лабораторному журналі.
5. Захистити виконану лабораторну роботу.

Лабораторна робота № 1

ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РІДИН МЕТОДОМ ПІДРАХУНКУ КРАПЕЛЬ. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИНИ, ЩО ДОСЛІДЖУЄТЬСЯ

Мета роботи: опанування методики визначення поверхневого натягу рідин за допомогою сталагмометра; визначення величини поверхневого натягу водних розчинів різної концентрації; встановлення залежності поверхневого натягу від концентрації речовини, що досліджується; визначення величини адсорбції речовини на межі газ–рідина.

Теоретична частина. Кожна межа розділу фаз має надлишок вільної енергії $G = \sigma \cdot S$ (де σ – поверхневий натяг, S – величина поверхні), тому на ній самочинно перебігають процеси адсорбції. Під час адсорбції на межі газ–рідина G зменшується за рахунок зниження σ ; σ характеризує силу зчеплення між молекулами, що знаходяться на поверхні, і є мірою вільної енергії одиниці поверхні ($\sigma = G/S$).

Для виміру σ часто використовують метод підрахунку крапель за допомогою *сталагмометра* – скляної трубки з розширенням у середній частині, обмеженим позначками, та капіляром на кінці. Рідина, що витікає зі сталагмометра, збирається у краплю і відривається тоді, коли сила тяжіння буде перевищувати силу поверхневого натягу, що утримує краплю. Якщо V – об’єм рідини, що міститься між мітками розширеної частини сталагмометра, а число крапель, що витікають n , то вага однієї краплі дорівнює $\frac{V}{n} \cdot \rho = P$, а сила тяжіння – $\frac{V}{n} \cdot \rho \cdot g$, де ρ – щільність рідини.

Поверхневий натяг можна також розглядати як силу, віднесену до одиниці довжини контура отвору або площі отвору, з якого витікає рідина. Контуром перетину капіляра буде довжина кола капіляра $2 \cdot \pi \cdot r$, а площею – $4 \cdot \pi \cdot r^2$, де r – внутрішній радіус капіляра. Отже, $2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma_1 = \frac{V}{n_1} \cdot \rho_1$ або $\sigma_1 = \frac{V \cdot g}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{\rho_1}{n_1}$.

Для іншої рідини $\sigma_2 = \frac{V \cdot g}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{\rho_2}{n_2}$. Якщо поділити $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$, одержимо рівність:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\rho_2 \cdot n_1}{\rho_1 \cdot n_2}, \text{ тобто для визначення } \sigma \text{ однієї рідини або розчину необхідно знати}$$

σ іншої. Якщо однією з рідин є вода, то $\sigma_2 = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{n_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \cdot \frac{n_2}{\rho_1}$.

Величину $\sigma_2 = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{n_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} = K$ називають сталою даного сталагмометра,

яку визначають експериментально.

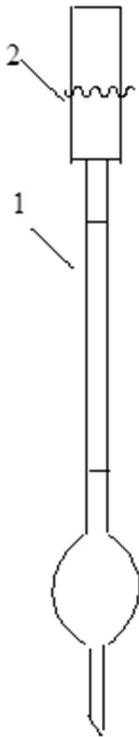


Рис. 1 – Схематичний вигляд сталагмометра

Отже, для визначення σ сталагмометр, схематичний вигляд якого зображений на рис. 1, заповнюють досліджуваною рідиною (затягують грушею) вище верхньої позначки (1), після цього за допомогою затискача (2) на гумовій трубці регулюють певну швидкість утворення крапель при витіканні рідини. Коли рівень рідини опуститься до верхньої позначки (1), починають рахування крапель і закінчують його після проходження рівнем рідини нижньої позначки.

Варто пам'ятати, що сталагмометричний метод не призначений для вивчення поверхневого натягу розчинів речовин, що мають великі молекули.

У деяких випадках, замість сталагмометра, використовують звичайну бюретку.

Порядок виконання роботи

Дослід 1. Визначення поверхневого натягу спиртів різної будови методом рахунку крапель.

1. Визначають температуру повітря (T) в приміщенні.
2. Визначають σ_T дистильованої води, враховуючи залежність поверхневого натягу від температури:

$$\sigma_T = \sigma_0 - \alpha \cdot T,$$

де σ_0 = поверхневий натяг рідини при стандартній температурі; α – стала, що дорівнює температурному коефіцієнту поверхневого натягу зі зворотнім знаком, $\text{мДж}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

З довідкових даних: $\sigma_0 (\text{H}_2\text{O}) = 72,75 \text{ мДж}/\text{м}^2$ за температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\alpha(\text{H}_2\text{O}) = 0,1541 \text{ мДж}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

3. Визначають щільність ρ дистильованої води і досліджуваних спиртів за допомогою денсиметрів.

4. З бюретки спускають дистильовану воду і промивають її досліджуваною рідиною.

5. Заповнюють бюретку досліджуваною рідиною вище верхньої мітки, регулюють швидкість витікання падаючої краплі. Рахують кількість падаючих крапель, що знаходяться в об'ємі 2 см^3 . Вимірювання проводять 3 рази, визначаючи середнє число крапель n .

6. Визначають сталу сталагмометра (бюретки) – K .

7. Визначають поверхневий натяг досліджуваних спиртів. Результати дослідів заносять у таблицю 1.

Таблиця 1

Речовина, що досліджується	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	Щільність речовини $\rho^T, \text{ кг}/\text{м}^3$	Кількість крапель, n	Поверхневий натяг $\sigma_T, \text{ мДж}/\text{м}^2$
Дистильована вода				
Етиловий спирт				
Ізопропіловий спирт				
Етиленгліколь				
Гліцерин				

Дослід 2. Визначення поверхневого натягу водних розчинів етилового спирту різної концентрації.

1. Користуючись даними таблиці 2, готують 5 водних розчинів етилового спирту різної концентрації. Загальний об'єм кожного розчину має дорівнювати 10 см^3 . За допомогою *Додатка 1* визначають щільність кожного з розчинів.

2. Заповнюють бюретку досліджуваною рідиною, регулюють швидкість витікання падаючих крапель. Рахують кількість падаючих крапель, що знаходяться в об'ємі 2 см³. Вимірювання проводять 3 рази, визначаючи середнє число крапель n .

3. Визначають поверхневий натяг досліджуваних розчинів за допомогою відповідної формули. Результати дослідів заносять у таблицю 2.

Таблиця 2

№	$V_{\text{сп}}$ у 10 мл розчину, мл	$W_{\text{сп}}$, %	C , моль/дм ³	$\rho^T_{\text{сп}}$, кг/м ³	Кількість крапель, n	Поверхневий натяг $\sigma \cdot 10^{-3}$, мДж/м ²	$\frac{\partial \sigma}{\partial C}$	$\Gamma \cdot 10^{-9}$, кмоль/м ²
1	0	0						
2	2,52	20						
3	4,86	40						
4	6,95	60						
5	8,77	80						
6	10	96						

4. За даними таблиці 2 будують графік залежності величини поверхневого натягу σ від рівноважної концентрації водного розчину етилового спирту C . Роблять висновок, як залежить величина поверхневого натягу розчину поверхнево-активної речовини (ПАР) від його концентрації

Обчислення величини адсорбції поверхнево-активних речовин у поверхневому шарі і побудова ізотерми адсорбції за кривою $\sigma-C$.

За графіком $\sigma = f(C)$ можна обчислити величину адсорбції (Γ) для кожної концентрації, а отже побудувати ізотерму адсорбції $\Gamma = f(C)$.

Для розведених розчинів величину адсорбції розраховують за рівнянням Гіббса:

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC},$$

де C – рівноважна концентрація розчину, моль/дм³; R – універсальна газова стала; $8,314 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·град; T – температура, К; $\frac{d\sigma}{dC}$ – змінення σ зі зміною концентрації ПАР або поверхнева активність ПАР.

До кривої, одержаної за даними досліду 2, в різних точках (на початковій найбільш крутій ділянці ізотерми) проводять дотичну і продовжують її до пересічення з віссю ординат (відрізок

AD). З трикутника ABD знаходять відрізок AB . Відомо, що $\operatorname{tg}\alpha = -\frac{d\sigma}{dC}$,

а отже $-\frac{AB}{BD} = \frac{d\sigma}{dC}$. Позначимо

відрізок AB як z . Оскільки відрізок BD дорівнює відрізку OC_1 , тобто концентрації, що відповідає точці D , справедлива рівність:

$$-\frac{z}{C} = \frac{d\sigma}{dC}, \text{ звідки } z = -C \cdot \frac{d\sigma}{dC}.$$

Кожній концентрації відповідає свій відрізок, що відсікається на вісі ординат між дотичною і проведеною через ту саму точку горизонтальною прямою. Довжина відрізка z повинна бути виражена в одиницях поверхневого натягу. Якщо підставити значення z у рівняння Гіббса, отримаємо:

$$\Gamma = \frac{z}{RT}.$$

Обчисліть значення z і Γ для будь-яких 5–6 концентрацій водних розчинів етилового спирту (результати занести до таблиці 3) і побудуйте графік залежності $\Gamma = f(C)$, який буде відповідати ізотермі адсорбції.

Таблиця 3

№	$C, \text{ моль/дм}^3$	z	Γ
---	------------------------	-----	----------

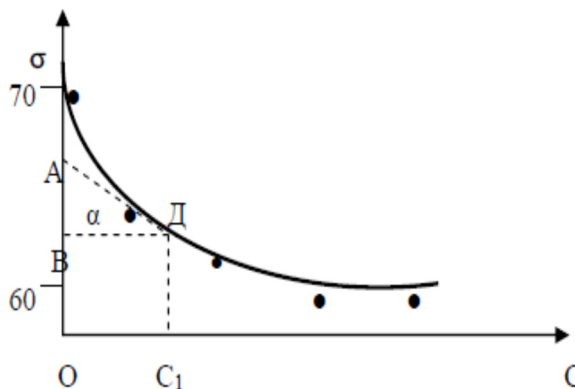


Рис. 2 – Залежність поверхневого натягу розчину від концентрації ПАР

Щільність водних розчинів спирту за температури 20 °С

Концентрація		ρ
%	г/л	
2	19,89	0,9945
4	39,64	0,9910
6	59,27	0,9878
8	78,78	0,9848
10	98,19	0,9819
12	117,5	0,9791
14	136,7	0,9764
16	155,8	0,9739
18	174,8	0,9713
20	193,7	0,9686
22	212,5	0,9659
24	231,1	0,9631
26	249,7	0,9602
28	268,0	0,9571
30	286,1	0,9538
32	304,1	0,9504
34	321,9	0,9468
36	339,5	0,9431
38	356,9	0,9392
40	374,1	0,9352
42	391,1	0,9311
44	407,8	0,9268
46	424,4	0,9226
48	440,7	0,9182
50	456,9	0,9138
52	472,9	0,9094
54	488,6	0,9048
56	504,2	0,9003
58	519,5	0,8957
60	534,7	0,8911
62	549,6	0,8865
64	564,4	0,8818
66	578,9	0,8771
68	593,2	0,8724
70	607,4	0,8677
72	621,3	0,8629
74	635,0	0,8581
76	648,4	0,8532
78	661,7	0,8483
80	674,7	0,8434
82	687,6	0,8385
84	700,1	0,8335
86	712,4	0,8284
88	724,4	0,8232
90	736,2	0,8180
92	747,6	0,8126
94	758,6	0,8070
96	769,3	0,8014
98	779,6	0,7955
100	789,3	0,7893

Контрольні питання

1. Що вивчає колоїдна хімія і які ознаки її об'єктів?
2. Дайте визначення дисперсної системи. За якими ознаками класифікують дисперсні системи? Наведіть приклади дисперсних систем.
3. Що є мірою гетерогенності і мірою роздрібленості дисперсних систем?
4. Які поверхневі явища вивчає колоїдна хімія?
5. Що таке поверхня розділу і якими геометричними параметрами вона характеризується?
6. Що таке поверхневий натяг і в яких одиницях він вимірюється?
7. Як залежить поверхневий натяг від природи речовини, що утворює поверхню міжмолекулярної взаємодії?
8. Які особливості поверхневого натягу чистих рідин, розчинів і твердих тіл? В чому полягає правило Антонова?
9. Які методи використовуються для визначення поверхневого натягу рідин і твердих тіл?
10. На чому заснований вимір поверхневого натягу рідин методом найбільшого тиску бульбашки повітря? Позитивним чи негативним буде надмірний тиск у рідині на межі з повітряною бульбашкою?
11. На чому засноване визначення поверхневого натягу сталагмометричним методом?
12. Як залежить поверхневий натяг рідин від температури?
13. Які існують механізми процесів самочинного зменшення поверхневої енергії?

Лабораторна робота № 2

АДСОРБЦІЯ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ПОВЕРХНІ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ

Мета роботи: одержання ізотерми адсорбції з розчину оцтової кислоти на поверхні активованого вугілля; встановлення параметрів рівнянь адсорбції Фрейндліха і Ленгмюра; визначення розміру молекули оцтової кислоти, розрахунок питомої поверхні адсорбента.

Теоретична частина. Кількість адсорбованої речовини визначається надлишком цієї речовини на межі фаз, порівняно з її рівноважною кількістю. Якщо поверхня адсорбента невідома (поруваті тверді адсорбенти), кількість адсорбованої речовини відносять до 1 г (або 1 кг) адсорбента. Надлишок речовини в молях, віднесений до 1 г адсорбента, називають *адсорбцією Г*:

$$G = \frac{C_{\text{вих}} - C_{\text{рівн}}}{m}, \text{ моль/г.}$$

Адсорбцію часто виражають як залежність кількості адсорбованої речовини від її рівноважної концентрації (або рівноважного тиску) за постійної температури. Графічне зображення цієї залежності називають *ізотермою адсорбції*.

Для опису одержаних експериментальним шляхом ізотерм адсорбції використовують емпіричне рівняння адсорбції Фрейндліха і рівняння адсорбції Ленгмюра.

Рівняння Фрейндліха:

$$G = \frac{X}{m} = K \cdot C^n,$$

де K – стала адсорбції Фрейндліха, значення якої залежить від температури і поверхні адсорбента; n – стала, яка є функцією температури і значення якої завжди перевищує одиницю; X – кількість адсорбованої речовини; m – маса наважки адсорбента.

Для точного опису експериментальних даних адсорбції рівняння Фрейндліха перетворюють у лінійну форму:

$$\lg\left(\frac{X}{m}\right) = \lg K + \frac{(\lg C)}{n}.$$

Це рівняння дає в логарифмічних координатах пряму лінію с нахилом $1/n$ і відрізком $\lg K$ по осі ординат.

Ленгмюр вивів рівняння ізотерми адсорбції, виходячи з припущення, що на кожній ділянці поверхні взаємодія між адсорбентом та адсорбатом є однаковою:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C},$$

де Γ_{∞} – максимальне значення адсорбції, що відповідає повному заповненню поверхні адсорбента молекулами адорбата мономолекулярним шаром; K – стала рівняння адсорбції Ленгмюра.

Для опису ізотерми адсорбції використовують перетворене у лінійну форму рівняння Ленгмюра:

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{C}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K}. \quad (4.2)$$

Це рівняння дає в координатах C і $\frac{C}{\Gamma}$ пряму лінію с нахилом Γ_{∞} і відрізком $\frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K}$ по осі ординат.

Рівняння Ленгмюра не враховує взаємодію між адсорбованими частинками, реальну структуру поверхні адсорбента, а також можливість адсорбції адсорбата у декілька шарів.

Експериментальне визначення параметра Γ_{∞} дає змогу розрахувати питому поверхню адсорбента (s_{num}):

$$s_{num} = A_{\infty} N_A \omega_0,$$

де N_A – число Авогадро; ω_0 – площа, яку займає одна молекула адсорбата в насиченому адсорбційному шарі (для багатьох одноосновних жирних кислот становить $0,2 \text{ нм}^2$).

Порядок виконання роботи

1. Готують робочі розчини оцтової кислоти різної концентрації. Для цього, одержують від лаборанта пронумеровані мірні колби, які вже містять деяку кількість оцтової кислоти, і дистильованою водою доводять до мітки визначений об'єм розчину (100 мл).

2. З кожної колби за допомогою мірного циліндра відбирають по 25 см³ розчину оцтової кислоти, переливають його в колбу, де буде відбуватися адсорбція, і вносять туди ж попередньо зважену наважку активованого вугілля (~ 1,5 г). Розчини з адсорбентом залишають на 30 хвилин, періодично перемішуючи.

3. Визначають вихідну концентрацію ($C_{вих}$) одержаного розчину оцтової кислоти титруванням. З мірної колби градуйованою піпеткою відбирають 5 см³ розчину, вносять його в колбу для титрування, додають для зручності 15–20 см³ дистильованої води, 2–3 краплі фенолфталеїну і титрують розчином лугу до появи блідо-рожевого забарвлення, яке не зникає впродовж 30 секунд. Об'єм лугу, витрачений на титрування, точно відмірюють і записують. Кожне титрування необхідно провести не менш ніж два рази і визначити середнє значення об'єму лугу.

Концентрацію розчину оцтової кислоти розраховують за формулою:

$$C_k \cdot V_k = C_l \cdot \bar{V}_l,$$

де c_k і c_l – концентрації розчинів оцтової кислоти та лугу (моль/л); V_k – об'єм кислоти, який було взято для титрування, см³; \bar{V}_l – середній об'єм лугу, що пішов на титрування, см³.

4. За той час, що витрачається на титрування вихідних розчинів, в колбах, де відбувалась адсорбція, встановлюється рівноважний стан. Розчини оцтової кислоти з активованим вугіллям відфільтровують через паперові фільтри в окремі колби і визначають рівноважні концентрації оцтової кислоти ($C_{рівн}$) у той самий спосіб, що й в пункті 3.

5. Визначають величину адсорбції (Γ). Кількість оцтової кислоти, що адсорбувалася на поверхні активованого вугілля, дорівнює різниці між кількістю оцтової кислоти, що міститься у вихідному розчині, і кількістю оцтової кислоти, що залишається у розчині після адсорбції:

$$\Delta C = C_{\text{вих}} - C_{\text{ривн.}}$$

Оскільки адсорбція відбувалася в певному об'ємі ($V = 25$ мл), то загальна кількість адсорбованої кислоти (x) буде дорівнювати:

$$x = \Delta C \cdot V, \text{ ммоль.}$$

Величину адсорбції Γ визначають за формулою:

$$\Gamma = \frac{x}{m}, \text{ ммоль/г,}$$

де m – маса активованого вугілля, г.

6. Одержані в ході роботи результати заносять до таблиці 1.

Таблиця 1

№	$C_{\text{вих}},$ моль/дм ³	$C_{\text{ривн.}},$ моль/дм ³	$\Delta C,$ моль/дм ³	$x = \Delta C \cdot V,$ ммоль	$\Gamma = \frac{x}{m},$ ммоль/г	$\lg C_{\text{ривн}}$	$\lg \Gamma$	C/Γ
1								
2								
3								
4								
5								

7. За одержаними даними будують графік ізотерми адсорбції в координатах $\Gamma = f(C_p)$.

8. Для визначення сталих рівняння Фрейндліха:

$$\frac{x}{m} = KC_n^{\frac{1}{n}},$$

будують залежність $\lg \frac{x}{m} = f(\lg C)$. Відрізок, що відсікається одержаною прямою, дорівнюватиме значенню $\lg K$, а тангенс кута нахилу – $1/n$.

9. Для визначення сталих рівняння Ленгмюра будують ізотерму адсорбції в лінійних координатах $1/\Gamma$ від $1/C$ і визначають Γ_∞ і K за рівнянням:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_\infty} + \frac{1}{\Gamma_\infty K} \cdot \frac{1}{C}$$

10. За наведеною формулою розраховують питому поверхню адсорбента (s_{num}):

$$s_{num} = A_\infty \cdot N_A \cdot \omega_0,$$

де N_A – число Авогадро; ω_0 – площа, яку займає одна молекула адсорбата в насиченому адсорбційному шарі (для багатьох одноосновних жирних кислот становить $0,2 \text{ нм}^2$).

11. Параметри рівнянь Фрейндліха і Ленгмюра вносять до таблиці 2.

Таблиця 2

Система адсорбент–адсорбат	Параметри рівняння Ленгмюра			Параметри рівняння Фрейндліха		
	r	Γ_∞ ммоль/г	K	r	K	n
активоване вугілля– оцтова кислота						

12. Роблять загальний висновок про адсорбцію оцтової кислоти на поверхні активованого вугілля.

Контрольні питання

1. Що називається адсорбцією і як кількісно її характеризують?
2. Що таке ізотерма, ізостера й ізопікна адсорбції?
3. Напишіть фундаментальне адсорбційне рівняння Гіббса і дайте визначення надлишкової адсорбції.
4. Яке співвідношення між надлишковою Γ і абсолютною адсорбцією A ?
У яких випадках можна прийняти $A = \Gamma$?

5. Що таке поверхнева активність? Які речовини називаються поверхнево-активними, поверхнево-інактивними, поверхнево-індіферентними? Наведіть приклади.

6. Що таке позитивна і негативна гіббсівська адсорбція?

7. Як залежить поверхневий натяг від концентрації ПАР? Напишіть рівняння Шишковського. Як змінюється поверхнева активність в гомологічних рядах ПАР? Сформулюйте правило Дюкло–Траубе.

8. Які рівняння застосовуються для опису адсорбції ПАР на поверхні рідини / газ і за яких умов?

9. Що таке поверхневі плівки і як їх отримують?

10. У чому полягає відмінність між фізичною і хімічною адсорбцією?

11. За яких умов виконується при адсорбції закон Генрі? Який фізичний зміст константи Генрі?

12. Сформулюйте основні положення теорії Ленгмюра. Напишіть рівняння ізотерми адсорбції теорії мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Поясніть фізичний зміст величин, що входять у це рівняння. За яких умов це рівняння застосовне?

Лабораторна робота № 3

ВИБІРКОВА АДСОРБЦІЯ. ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ПЕРЕБІГ АДСОРБЦІЇ НА МЕЖІ ПОВЕРХНІ РІДИНА–ТВЕРДЕ ТІЛО

Мета роботи: дослідити вплив різних факторів на перебіг адсорбції на межі поверхні рідина–тверде тіло.

Теоретична частина. Адсорбції на поверхні рідина–тверде тіло залежить від низки факторів: природи адсорбента і адсорбата, впливу розчинника, температури тощо.

1. Вплив розчинника.

Чим більшим є поверхневий натяг розчинника, тим гірше він адсорбується, а краще адсорбується розчинена речовина. Адсорбція з водних розчинів є кращою, ніж із розчинів в органічних розчинниках. Чим більшою є теплота змочування адсорбента розчинником, тим гіршою є з цього розчинника адсорбція. Чим краще розчинник розчиняє адсорбат, тим гіршою буде адсорбція з розчину.

2. Вплив природи адсорбента.

Полярні адсорбенти краще адсорбують полярні адсорбати і навпаки. Вплив поруватості залежить від співвідношення розмірів пор і розмірів молекул, які адсорбуються. Якщо молекули малі, то зі збільшенням поруватості адсорбція зростає. Якщо ж молекули великі – може зменшуватися.

3. Вплив природи адсорбата.

Визначається правилом зрівняння полярностей Ребіндера: речовина C (адсорбат) може адсорбуватися на межі A і B тоді, коли її наявність у поверхневому шарі приводить до вирівнювання полярностей фаз A (адсорбент) і B (розчинник), тобто, коли $\epsilon_B > \epsilon_C > \epsilon_A$ або $\epsilon_B < \epsilon_C < \epsilon_A$. Правило пояснює орієнтацію молекул ПАР на різних межах розподілу. Для адсорбції ПАР з водних розчинів треба застосовувати неполярні адсорбенти (вугілля), а для адсорбції з органічних (неполярних) розчинників – полярні (глина, силікагель). Зі зростанням молекулярної маси адсорбата його здатність до адсорбції зростає (правило Дюкло–Траубе). Ароматичні сполуки

адсорбуються краще за аліфатичні, ненасичені за насичені. Взагалі та речовина адсорбується краще, яка має більшу спорідненість до адсорбенту.

4. Вплив температури.

З підвищенням температури адсорбція з розчинів знижується, бо ентальпія змочування – це від’ємна величина.

Порядок виконання роботи

Дослід 1. Адсорбція з розчинів, що містять іони Ca^{2+} і Pb^{2+} .

У пробірку наливають 5 см³ 0,05-ого розчину $Pb(NO_3)_2$. і додають до неї 0,1 г активованого вугілля, закривають пробкою і після п’яти хвилин збовтування відфільтровують в чисту пробірку.

В іншій пробірці до 2–3 крапель розчину плюмбум нітрату додають 2–3 краплі розчину калій хромату, спостерігаючи появу жовтого осаду $PbCrO_4$.

Ту ж саму реакцію проводять с фільтратом.

Аналогічно проводять дослід з 0,02 н розчином кальцій нітрату. Іони Кальцію у розчині до та після адсорбції визначають за допомогою реакції з амоній оксалатом.

Спостереження записують у лабораторний журнал і роблять висновок, які іони адсорбуються на поверхні активованого вугілля.

Дослід 2. Вплив розчинника на адсорбцію.

До однієї пробірки додають 5 см³ слабкозабарвленого *водного* розчину фуксину, в іншу – 5 см³ також слабкозабарвленого спиртового розчину фуксину. До обох пробірок додають по 0,1 г активованого вугілля, закривають пробками і збовтують 5 хвилин.

Спостереження записують у лабораторний журнал і роблять висновок, з якого розчину і чому адсорбція фуксину на поверхні активованого вугілля не відбувається.

Дослід 3. Вибіркова адсорбція кислих та основних барвників каоліном.

До однієї пробірки додають 2 см³ розведеного розчину барвника еозину, а до іншої – метиленового синього. В кожну пробірку вносять по 0,2 г каоліну, пробірки закривають пробками, збовтують і фільтрують.

Спостереження записують у лабораторний журнал і роблять висновок, який з наведених барвників і чому не адсорбується на поверхні активованого вугілля.

Дослід 4. Вплив рН середовища на адсорбцію.

У три пробірки наливають по 3 мл 0,05 %-ого розчину метиленового синього. Першу пробірку залишають без змін, до другої додають 5 крапель 2 н розчину HCl, а до третьої – 5 крапель 2 н розчину NaOH. В усі три пробірки вносять по 0,2 г каоліну. Пробірки закривають пробками і збовтують протягом 20–30 хв. Після чого відфільтровують і ретельно промивають каолін дистильованою водою. Спостерігають, у якій саме пробірці (за якого значення рН середовища) відбувається адсорбція метиленового синього.

Результати дослідів і висновок записують у лабораторний журнал.

Контрольні питання

1. Який механізм адсорбції покладено в основу теорії Поляні?
2. На основі яких уявлень розглядається процес адсорбції в теорії БЕТ?
За яких умов застосовне рівняння БЕТ?
3. Що таке капілярна конденсація?
4. Чим відрізняється адсорбція з розчинів від адсорбції газів і пари? Які рівняння використовують для опису ізотерми обмінної молекулярної адсорбції з розчинів?
5. Розкажіть про орієнтацію молекул аліфатичних спиртів або кислот при адсорбції їх з водних розчинів на активованому вугіллі?
6. Сформулюйте правило полярностей Ребіндера.
7. Вплив різних чинників на адсорбцію з розчинів.
8. Як адсорбуються сильні електроліти?
9. Що таке іонообмінники (іоніти)?
10. Розгляньте процес знесолювання води за допомогою катіонітів і аніонітів.
11. Напишіть рівняння константи рівноваги іонного обміну.

Лабораторна робота № 4

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ МІЦЕЛОУТВОРЕННЯ

Мета роботи: набуття навичок визначення критичної концентрації міцелоутворення в розчині ПАР за допомогою різних методів.

Теоретична частина. Концентрація, за якої в розчині починають утворюватися міцели, називається *критичною концентрацією міцелоутворення* (ККМ). Величина ККМ, як правило, є невеликою ($< 10^{-3}$ – 10^{-5} моль/дм³) і залежить, насамперед, від будови поверхнево активної речовини (ПАР).

Визначення ККМ може здійснюватися при вивченні практично будь-якої властивості розчину залежно від змінення його концентрації. Найчастіше в дослідницькій практиці використовуються залежності мутності розчинів, їхнього поверхневого натягу, електричної провідності, коефіцієнта заломлення та в'язкості від загальної концентрації розчинів.

ККМ визначають за точкою, що відповідає зламу на кривих залежностей властивостей розчинів від їхньої концентрації. Вважається, що за концентрацій, менших за ККМ, в розчинах ПАР присутні лише молекули, і тому залежність будь-якої властивості визначається саме концентрацією молекул. При утворенні міцел в розчинах властивість буде зазнавати різких змін у зв'язку зі стрибкоподібним збільшенням розміру розчинених часток. Перехід з молекулярного стану в міцелярний властивий не всім ПАР, і, як правило, відбувається в достатньо вузькій області концентрацій.

Визначення ККМ за зміненням поверхневого натягу

Визначення ККМ за зміненням поверхневого натягу (σ) засновано на припиненні змінення σ розчину при граничному насиченні адсорбційного шару на поверхні розділу фаз «вода–повітря», «вуглеводень–вода», «розчин–тверда фаза». Нарівні з визначенням ККМ, визначаючи залежність змінення σ розчину від концентрації досліджуваної речовини, можна знайти величину граничної адсорбції, поверхневу активність, мінімальну площу, що відповідає

одній молекулі в насиченому адсорбційному шарі, а також довжину вуглеводневого радикала ПАР.

Найбільш точні результати одержуються при вимірюванні σ розчинів ПАР за допомогою методу урівноваження пластини. Але достатньо добре відтворюються і результати, знайдені сталогмометричним методом (методом рахунку крапель).

Об'єкт дослідження: водні розчини N-лауроїл саркозинату різної концентрації.

Порядок виконання дослідів

1. У мірній колбі об'ємом 50 см³ готують вихідний водний розчин ПАР з концентрацією 0,02 М.

2. З вихідного водного розчину ПАР шляхом послідовного розведення у два рази готують розчини із заданими концентраціями 0,01 М; 0,005 М; 0,0025 М; 0,00125 М; 0,000625 М; 0,0003125 М об'ємом 50 см³.

3. Визначають температуру повітря (T) в приміщенні.

4. Визначають σ_T дистильованої води, урахувуючи залежність поверхневого натягу від температури:

$$\sigma_T = \sigma_0 - \alpha \cdot T,$$

де σ_0 = поверхневий натяг рідини за стандартної температури; α – стала, що дорівнює температурному коефіцієнту поверхневого натягу зі зворотним знаком, мДж/м²·К.

З довідкових даних: $\sigma_0 (H_2O) = 72,75$ мДж/м² за температури 20 °С; $\alpha_{H_2O} = 0,1541$ мДж/м²·К.

5. Визначають щільність ρ дистильованої води і досліджуваних розчинів ПАР ρ за допомогою денсиметрів.

6. З бюретки спускають дистильовану воду і промивають її досліджуваною рідиною. Заповнюють бюретку досліджуваною рідиною вище верхньої мітки, регулюють швидкість витікання падаючої краплі. Рахують кількість падаючих крапель, що знаходяться в об'ємі 2 см³. Вимірювання проводять 3 рази, визначаючи середнє число крапель n .

7. Визначають поверхневий натяг досліджуваних розчинів за допомогою формули $\sigma_2 = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{n_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \cdot \frac{n_2}{\rho_1}$ (виведення формули для розрахунку величини σ наведено в лабораторній роботі № 1). Результати дослідів вносять у таблицю 1.

Таблиця 1

№	C , моль/дм ³	$\rho^T_{сп}$, кг/м ³	Кількість крапель, n	Поверхневий натяг $\sigma \cdot l$ мДж/м ²
1	0,02			
2	0,01			
3	0,005			
4	0,0025			
5	0,000125			
6	0,000625			
7	0,0003125			

8. Будують графік $\sigma = f(C)$, за графіком визначають ККМ.

Визначення ККМ за зміненням світлорозсіювання

Визначення ККМ за світлорозсіюванням засноване на тому, що при утворенні міцел в розчинах ПАР різко зростає розсіювання світла частками і збільшується мутність системи. За різким зміненням мутності розчину і визначають ККМ. При вимірюванні оптичної густини або світлорозсіювання розчинів ПАР часто спостерігають аномальне змінення мутності, особливо в тих випадках, коли ПАР містить деяку кількість домішок. Ці світлорозсіювання також використовують для визначення міцелярної маси, чисел агрегації міцел і їхньої форми. Визначають мутність систем за допомогою турбідиметричного методу аналізу.

Порядок виконання дослідів

1. У мірній колбі об'ємом 50 см³ готують вихідний водний розчин ПАР з концентрацією 0,02 М.

2. З вихідного водного розчину ПАР шляхом послідовного розведення у два рази готують розчини із заданими концентраціями 0,01 М; 0,005 М; 0,0025 М; 0,00125 М; 0,000625 М; 0,0003125 М об'ємом 50 см³.

3. На спектрофотометрі вимірюють оптичну густину (D) одержаних розчинів за довжини хвилі 440 нм (товщина стінки кювети (l) – 10 мм). Кювета порівняння заповнюється дистильованою водою.

4. За формулою, що пов'язує оптичну густину розчинів з їхньою мутністю, розраховують мутність (τ) одержаних розчинів:

$$\tau = \frac{2,303 \cdot D}{l}.$$

5. Одержані дані вносять у таблицю 2.

Таблиця 2

№	C , моль/дм ³	D	τ , см ⁻¹
1	0,02		
2	0,01		
3	0,005		
4	0,0025		
5	0,00125		
6	0,000625		
7	0,0003125		

6. Для визначення ККМ будують графіки залежності $D = f(C)$ і $\tau = f(C)$.

За значення ККМ приймають мінімальну концентрацію ПАР, за якої відбувається збільшення оптичної густини або мутності розчину, порівняно з мінімальним значенням цих параметрів, що відповідають істинним розчинам ПАР.

7. Наводять схематичний вигляд міцел, що будуть утворюватися у колоїдному розчині досліджуваного ПАР з урахуванням природи і полярності дисперсійного середовища.

Визначення ККМ за зміненням в'язкості

Під час визначення ККМ за допомогою віскозиметричного методу експериментальні дані зазвичай виражають у вигляді залежності *приведеної в'язкості* від концентрації розчинів ПАР. Віскозиметричний метод також дає змогу визначати наявність межових концентрацій міцелоутворювання і гідратацію міцел за характеристичною в'язкістю. Цей метод особливо зручний для дослідження неіоногенних ПАР внаслідок того, що в них відсутній електров'язкісний ефект.

Порядок виконання досліду

1. У мірній колбі об'ємом 50 см³ готують вихідний водний розчин ПАР з концентрацією 0,02 М.

2. З вихідного водного розчину ПАР шляхом послідовного розведення у два рази готують розчини із заданими концентраціями 0,01 М; 0,005 М; 0,0025 М; 0,00125 М; 0,000625 М; 0,0003125 М об'ємом 50 см³.

3. Визначають в'язкість розчинів і розчинника (води) за допомогою капілярного віскозиметра за нижченаведеною методикою.

Методика роботи з віскозиметром типу ВІР-1

Віскозиметр типу ВІР-1 з висячим рівнем складається з вимірювального резервуара 4, обмеженого двома кільцевими позначками М₁ і М₂.

Цей віскозиметр переходить в капіляр 5 і резервуар 6, який з'єднаний з вигнутою трубкою 3 і трубкою 1.

Резервуар 6 також має резервуар 7 з позначками М₃ і М₄, які вказують межу наповнення віскозиметра рідиною. Рідина із резервуара 4 капіляром 5 стікає в резервуар 6 по стінкам останнього, утворюючи у нижнього кінця капіляра «висячий рівень».

Рідину, що досліджують, заливають у чистий віскозиметр через трубку 1 у такий спосіб, щоб рівень її встановився між позначками М₃ і М₄. На кінці трубок 2 і 3 надівають гумові трубки, причому перша з них споряджена краном і гумовою грушею, друга – краном. Віскозиметр встановлюють вертикально. За температури досліді витримують термостат 15 хвилин, після чого засмоктують (грушею) при закритій трубці 3 рідину вище позначки М₁ приблизно до ½ найвищого розширення і перекривають кран, з'єднаний з трубкою 2. Якщо в'язкість рідини менше 500–1 000 сст, відкривають кран на

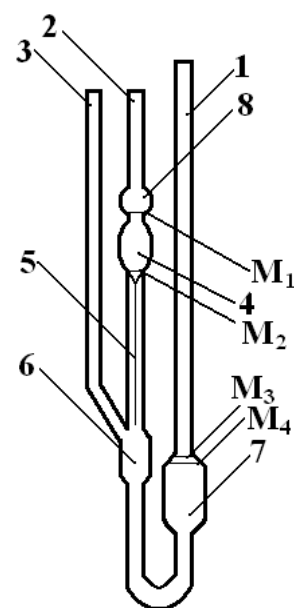


Рис. 3 – Схематичне зображення віскозиметра типу ВІР-1

трубці 2 і вивільнюють затиск на трубці 3. За більш в'язких рідин спочатку відкривають трубку 3, а потім трубку 2. Далі вимірюють час зниження рівня рідини в трубці 2 від позначки M_1 до M_2 .

Необхідно при цьому звертати увагу на те, щоб у момент підходу рівня рідини до позначки M_1 в розширенні б утворився висячий рівень, а в капілярі не було пухирців повітря.

4. В'язкість розраховують за формулою:

$$\eta = \frac{\tau}{\tau_0},$$

де

η – кінематична в'язкість у сантистоксах;

τ – середній час (з 3-х дослідів) витікання рідини;

τ_0 – час витікання води, с.

5. Дані заносять у таблицю 3:

Таблиця 3

№	C , моль/дм ³	τ , с	τ_0 , с	η
1	0,02			
2	0,01			
3	0,005			
4	0,0025			
5	0,00125			
6	0,000625			
7	0,0003125			

6. Для визначення ККМ будують графіки залежності $\eta = f(C)$.

Контрольні питання

1. За якою ознакою дисперсні системи ділять на ліофобні й ліофільні?
2. Який параметр використовується як критерій ліофільності дисперсної системи?
3. Які дисперсні системи зараховують до ліофільних? Наведіть приклади таких систем.
4. Як класифікують поверхнево-активні речовини?

5. Чим відрізняються колоїдні ПАР від істинно розчинних? Наведіть приклади.
6. Що називають критичною концентрацією міцелоутворення?
7. Які існують методи визначення ККМ?
8. Чому за концентрацій, що перевищують ККМ, поверхневий натяг розчинів ПАР практично не змінюється?
9. Які фактори впливають на ККМ?
10. У який спосіб орієнтуються молекули ПАР у міцелах, що утворюються в полярних і неполярних середовищах? Від чого залежить форма міцел у розчинах колоїдних ПАР?
11. Що є причиною і рушійною силою міцелоутворення у водних розчинах колоїдних ПАР?
12. Що таке точка Крафта?

Лабораторна робота № 5

ОДЕРЖАННЯ Й ОЧИЩЕННЯ ЛЮФОБНИХ ЗОЛІВ

Мета роботи: одержання колоїдних розчинів з використанням різних методів. Застосування діалізу для очищення золю.

Порядок виконання роботи

Дослід 1. Одержання золів каніфолі і сірки методом заміни розчинника.

Сірка і каніфоль розчиняються в етиловому спирті, утворюючи істинний розчин. У воді сірка і каніфоль практично не розчинні, тому при додаванні до їх спиртових розчинів води молекули конденсуються у більш великі агрегати, утворюючи золь.

Насичений розчин сірки в абсолютному спирті додають краплями до пробірки на $\frac{3}{4}$ заповненої дистильованою водою, енергійно збовтуючи пробірку. У другій пробірці у такий самий спосіб одержують золь каніфолі. В обох пробірках утворюються стійкі золі.

Роздивіться пробірки із золями сірки і каніфолі у прохідному світлі та під кутом до ходу променя (збоку). Поясніть, чому у прохідному світлі золі здаються червонуватими або жовтуватими, а під час розглядання збоку – блакитними.

Дослід 2. Одержання золів реакцією подвійного обміну (метод конденсації).

2.1. Одержання золю аргентум йодиду

А. У чисту пробірку наливають 2–3 см³ дуже розведеного розчину KI і краплями додають розведений розчин AgNO₃ до появи легкої димки золю AgI.

Напишіть рівняння реакції подвійного обміну і складіть формулу міцели золю, що одержали.

Б. У чисту пробірку наливають 2–3 см³ дуже розведеного розчину AgNO₃ і краплями додають розведений розчин KI до появи легкої димки золю AgI.

Напишіть рівняння реакції подвійного обміну і складіть формулу міцели золю, що одержали.

2.2. Одержання золів берлінської блакиті

А. У пробірку наливають декілька см³ розчину FeCl₃ (приблизно ¼ пробірки) і додають кілька крапель розчину жовтої кров'яної солі K₄[Fe(CN)₆].

Напишіть реакцію подвійного обміну і складіть формулу міцели золю, що одержали. Зверніть увагу ось на що: оскільки до складу ядра входить комплексна сполука, то квадратні дужки, що позначають межі ядра, необхідно зображати більшими за розміром, ніж у формулі хімічної сполуки [mFe₄[Fe(CN)₆]₃]. Враховуйте, що заряди іонів, які утворюються при дисоціації FeCl₃, різні. З огляду на це у подвійному електричному шарі уміщуються *n* іонів Fe³⁺ і 3*n* іонів Cl⁻.

Б. Ту ж саму реакцію проводять у надлишку жовтої кров'яної солі. В пробірку наливають 5 см³ розчину K₄[Fe(CN)₆] і додають кілька крапель розчину FeCl₃.

Напишіть реакцію подвійного обміну і складіть формулу міцели золю, що одержали.

2.3. Одержання негативно зарядженого золю MnO₂

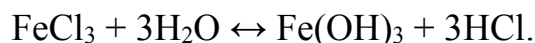
До 5 мл 1,5 % розчину KMnO₄ додати 20 мл води. Після чого при перемішуванні додати краплями 3 %-вий розчин H₂O₂ (1–2 мл) до появи забарвлення. До золю додати ще 25 мл дистильованої води. Напишіть схему відповідної реакції і складіть формулу міцели золю, що одержали.

Дослід 3. Одержання золів методом гідролізу (метод конденсації).

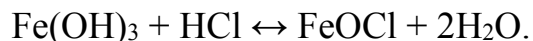
3.1 Одержання позитивно зарядженого золю Fe(OH)₃

Золь ферум гідроксиду одержують методом гідролізу у такий спосіб: 190 см³ дистильованої води нагрівають до кипіння. До киплячого дистилата додають невеликими порціями 10 см³ розчину FeCl₃. Після декількох хвилин кипіння одержують золь Fe(OH)₃, заряджений позитивно. Отриманий золь охолоджують до кімнатної температури.

Напишіть формулу міцели золю, що одержали, урахувавши те, що в гарячій воді гідроліз FeCl₃ відбувається за схемою:



При цьому поверхневі молекули агрегата Fe(OH)₃ вступають в хімічну реакцію з HCl:



Сполука FeOCl є стабілізатором золю і дисоціює з утворенням іонів FeO⁺ + Cl⁻.

3.2. Очищення золю Fe(OH)₃ методом діалізу

Золь Fe(OH)₃ наливають у складену конвертом пергаментну бумагу, щільно закривають і занурюють у стакан з дистильованою водою. Про закінчення діалізу роблять висновок за припиненням помутніння проби води, узятій зі стакана, під час реакції з розчином AgNO₃, що свідчить про неповне або повне видалення іонів Cl⁻ із золю Fe(OH)₃.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю «ліофобні дисперсні системи».
2. У чому полягає особливість молекулярно-кінетичних та оптичних властивостей високодисперсних систем? Що відрізняє їх від істинних розчинів та грубодисперсних систем?
3. Способи одержання колоїдних систем.
4. Дайте визначення гідрозолю. Які основні типи хімічних реакцій застосовуються при одержанні гідрозолів? Приклади одержання гідрозолів методом фізичної конденсації.
5. Методи очищення дисперсних систем від низькомолекулярних домішок.
6. Отримали золь при додаванні 10 мл водного розчину KI з концентрацією 0,04 моль/л до 7 мл водного розчину AgNO₃ з концентрацією 0,05 моль/л. Напишіть формулу міцели.

7. Як класифікують емульсії? Які речовини використовують як стабілізатори прямих і зворотних емульсій?

8. Що таке міцела та яка її будова? Що таке агрегат, ядро, гранула? Поясніть будову міцели золю $\text{Fe}(\text{OH})_3$, отриманого шляхом гідролізу FeCl_2 , якщо FeOCl є стабілізатором золю і дисоціює з утворенням іонів $\text{FeO}^+ + \text{Cl}^-$.

9. Процеси, що призводять до руйнування ліофобних дисперсних систем: 1) флуктуація; 2) флокуляція; 3) ізотермічна перегонка; 4) коалесценція; 5) пептизація. Поясніть свій вибір.

10. Назвіть способи перевodu осаду в колоїдний розчин.

11. Який об'єм 0,005 н розчину AgNO_3 потрібно додати до 25 см³ 0,0016 н розчину KCl , щоб отримати негативно заряджений золь хлористого срібла? Напишіть будову міцели золю.

12. Напишіть формулу міцели золю, отриманого взаємодією розчину AgNO_3 з надлишком NaBr . До якого з електродів (катода чи анода) рухатимуться частинки золю?

13. У чому полягають особливості стабілізації пін? Якими параметрами характеризують стійкість піни?

14. Як класифікують аерозолі? У чому полягають причини принципової агрегативної нестійкості цих систем?

15. Наведіть приклади практичного використання емульсій, пін і аерозолів.

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ КОАГУЛЯЦІЇ ЛІОФОБНИХ ЗОЛІВ, ЗАХИСТ ВІД КОАГУЛЯЦІЇ

Мета роботи: проведення процесу взаємної коагуляції протилежно заряджених золів; визначення порогів коагуляції одного із золів електролітами, що містять протиіони різної валентності; обчислення відношення порогів коагуляції для одно-, дво- і тривалентних протиіонів. Визначення захисного числа желатина.

Порядок виконання роботи

Дослід 1. Одержання золів $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і MnO_2 .

1.1 Одержання позитивно зарядженого золю $\text{Fe}(\text{OH})_3$

Золь ферум гідроксиду одержують методом гідролізу в такий спосіб: 190 см³ дистильованої води нагрівають до кипіння. До киплячого дистиллята додають невеликими порціями 10 мл 2 %-ого розчину FeCl_3 . Після декількох хвилин кипіння одержують золь $\text{Fe}(\text{OH})_3$, заряджений позитивно. Отриманий золь охолоджують до кімнатної температури.

1.2. Приготування негативно зарядженого золю MnO_2

5 мл 1,5 %-ого розчину KMnO_4 розвести водою до 25 мл. До розчину KMnO_4 під час перемішування додати краплями 3 %-вий розчин H_2O_2 (1–2 мл) до зміни забарвлення. До отриманого золю додають ще 25 см³ дистильованої води.

Дослід 2. Взаємна коагуляція золів $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і MnO_2 .

У процесі зливання двох золів із протилежно зарядженими частинками повна коагуляція настає, коли загальне число зарядів частин одного колоїду нейтралізує загальне число зарядів протилежно зарядженого колоїду. За інших співвідношень коагуляція може не відбутися, дисперсна фаза в цьому разі буде нести знак заряду тих колоїдних частин, які виявляться у надлишку.

Для досліді беруть 10 пробірок і наливають у них певний об'єм золю $\text{Fe}(\text{OH})_3$ у зменшуваній кількості (порядок зазначено у таблиці 1). У кожену з пробірок за допомогою піпетки доливають золь MnO_2 у кількостях, також зазначених у

таблиці 1. До неї записують результати змішування золів, позначають пробірку, в якій спостерігається максимум коагуляції (найбільше помутніння).

Таблиця 1

Пробірка	Fe(OH) ₃ , см ³	MnO ₂ , см ³	Результати змішування
1	9,9	0,1	Наприклад, без змін
2	9,7	0,3	
3	9,5	0,5	Наприклад, поява муті
4	9,0	1,0	
5	8,0	2,0	
6	7,0	3,0	
7	6,0	4,0	
8	5,0	5,0	
9	4,0	6,0	
10	3,0	7,0	

Дослід 3. Визначення порога коагуляції.

У 4 пробірки наливають по 10 см³ досліджуваного золю Fe(OH)₃. Першу пробірку залишають для контролю. В другу пробірку краплинами за допомогою градуйованої піпетки додають розчин NaCl ($C_{NaCl} = 0,1$ н) доти, доки не з'явиться слабке помутніння або випадіння осаду. Після додавання кожної порції електроліту вміст пробірки струшують для перемішування розчинів. У третю і четверту пробірки у такий самий спосіб додають розчини Na₂SO₄ ($C_{Na_2SO_4} = 0,01$ н) і K₃[Fe(CN)₆] ($C_{K_3[Fe(CN)_6]} = 0,001$ н).

Поріг коагуляції C_k обчислюють за формулою, моль/дм³:

$$C_k = \frac{c \cdot V_1}{V_2},$$

де C_k – концентрація електроліту, що викликає коагуляцію, моль/дм³;

V_1 – кількість розчину електроліту, витраченого на коагуляцію, дм³;

V_2 – сумарний об'єм золю та розчину електроліту, тобто $V_2 = V_1 + 10$

Результати оформлюють у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2

Результати дослідження	Електроліт		
	NaCl	K ₂ SO ₄	K ₃ [Fe(CN) ₆]
1. Кількість електроліту, мл			
2. Загальний об'єм, мл			
3. Поріг коагуляції, моль/л			
4. Відношення порогів коагуляції: $C_{k1} : C_{k2} : C_{k3}$			

Під час розрахунків відношення порогів коагуляції потрібно прийняти за одиницю поріг коагуляції для одновалентного іона.

Дослід 4. Визначення захисного числа желатина.

Гідрофобний золь стає більш стійким, не коагулює від малих концентрацій електролітів, якщо до нього додати розчин ВМС (крохмаль, желатин тощо), макромолекули якого, адсорбуючись на поверхні часток, утворюють навколо них захисну в'язкопружну оболонку. Захисне число виражається мінімальною кількістю міліграмів полімеру, яку потрібно додати, щоб захистити 1 см³ гідрофобного золю від коагуляції.

Готують 0,1 %-вий розчин желатина. В 10 пронумерованих пробірок наливають піпеткою по 10 см³ золю Fe(OH)₃, потім додають у кожен пробірочку піпеткою 0,1 %-вий розчин желатина. У пробірочку № 1 – 0,1 см³, № 2 – 0,2 см³, № 3 – 0,3 см³, № 4 – 0,4 см³, № 5 – 0,5 см³, № 6 – 0,6 см³, № 7 – 0,7 см³, № 8 – 0,8 см³, № 9 – 0,9 см³, № 10 – 10 см³. Пробірочки після додавання желатина струшують і через 10–15 хвилин у кожен з них додають коагулянт – 0,01 н розчин Na₂SO₄ у тій кількості, яка необхідна для досягнення порога коагуляції, тобто V_{min} . Після перемішування спостерігають, у якій пробірочці відсутнє помутніння розчину, тобто проявляється захисна дія желатина. Наприклад, у пробірочці № 4 розчин помутнішав, а в пробірочці № 7 коагуляції немає. Тоді для уточнення величини захисного числа додають у пробірочку № 6 0,6 см³ розчину желатина і спостерігають, чи відбувається помутніння, і т. д. У такий спосіб визначають мінімальний об'єм стабілізатора, помноження якого на 0,001 дає величину захисного числа. Якщо помутніння спостерігається в усіх пробірочках, навіть в № 10, то мінімальний об'єм стабілізатора більш ніж 1 см³ і потрібно повторити дослід, додаючи до розчину золю Fe(OH)₃ такі кількості розчину желатина: пробірочка № 1 – 1,1 см³, № 2 – 1,2 см³, № 3 – 1,3 см³, № 4 – 1,4 см³, № 5 – 1,5 см³, № 6 – 1,6 см³, № 7 – 1,7 см³, № 8 – 1,8 см³, № 9 – 1,9 см³, № 10 – 2 см³. Роблять загальний висновок про захисну дію желатина.

Контрольні питання

1. Дайте визначення ліофобної та ліофільної дисперсних систем. Назвіть фактори агрегативної стійкості ліофобних дисперсних систем.
2. Чим обумовлена агрегатна нестійкість ліофобних дисперсних систем. Який процес називається коагуляцією?
3. Золь йодиду срібла, отриманий за реакцією: $KI + AgNO_3 \rightarrow AgI + KNO_3$ при деякому надлишку KI, коагулюють розчинами сульфату калію та ацетату кальцію. Коагулююча дія якого електроліту сильніша? Поясніть чому. Запишіть будову міцели золю.
4. Яка відмінність між нейтралізаційною і концентраційною коагуляцією ліофобних золів електролітами? Як впливає заряд іона на поріг швидкої коагуляції? Що таке перезарядка поверхні?
5. У який спосіб можна викликати коагуляцію ліофобної колоїдної системи? Чим завершується процес коагуляції?
6. Сформулюйте правила коагуляції ліофобних золів електролітами.
7. Що таке поріг коагуляції та коагуляційна здатність електроліту? У яких одиницях вимірюються ці величини?
8. Від чого залежить коагуляційна здатність електроліту?
9. У воді містяться ультрамікроскопічні радіоактивні частинки. Для очищення води від них запропонували ввести електроліти: алюміній хлорид та фосфат натрію. Попередньо встановлено, що частинки підчас електрофорезу рухаються до катода. Якому електроліту варто надати перевагу в цьому випадку? Чому?
10. Що називають швидкою й повільною коагуляцією?
11. Сформулюйте правила коагуляції ліофобних золів електролітами.
12. Що таке взаємна коагуляція золів, пептизація?
13. Які речовини використовують як стабілізатори прямих і зворотних емульсій?
14. Виберіть із запропонованого ряду одновалентних катіонів іон з найвищою коагуляційною здатністю: Rb^+ , Na^+ , Li^+ , Cs^+ , K^+ . Поясніть свій вибір.
15. Яке явище називають колоїдним захистом?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хижан О. І., Жильцова С. В., Петренко Л. В. Фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем: навч. посіб. Донецьк: ДонНУ, 2013. 310 с.
2. Мчедлов-Петросян М. О., Лебедь А. В., Лебедь В. И. Коллоидные поверхностно-активные вещества. Харьков: Фолио, 2009. 72 с.
3. Хижан О. І., Петренко Л. В., Жильцова С. В. Практикум з колоїдної хімії: навч.-метод. посіб. Донецьк: ДонНУ, 2011. 214 с.
4. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Москва: Химия, 1988. 464 с.
5. Фридрисберг Д. А. Курс коллоидной химии. Ленинград: Химия, 1984. 368 с.
6. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / под ред. Ю. Г. Фролова и А. С. Гродского. Москва: «Химия», 1986. 216 с.