

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет агротехнологій

Кафедра ґрунтознавства та агрохімії

ХІМІЯ (ФІЗИЧНА ТА КОЛОЇДНА)
Розділ «Розчини. Поверхневі явища. Колоїдні системи»
Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр»
спеціальності 201 «Агрономія»
денної форми навчання

Миколаїв
2021

УДК 544

X46

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від «18» березня 2021 р., протокол № 7.

Укладач:

Д. С. Качук – канд. техн. наук, старший викладач кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Г. В. Міщенко – д-р техн. наук, професор, професор кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності, Херсонський національний технічний університет;

А. В. Панфілова – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

©Миколаївський національний аграрний університет, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ. ЛАБОРАТОРНИЙ ПОСУД ТА ДОПОМІЖНЕ ПРИЛАДДЯ.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. Кріоскопічне визначення молекулярної маси речовини	16
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. Буферні розчини	20
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. Приготування і властивості колоїдних розчинів.....	24
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. Адсорбція на границі розподілу тверде тіло – розчин.....	29
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. Коагуляція золів	38
ЛІТЕРАТУРА.....	41

ВСТУП

Лабораторні роботи із хімії (фізичної та колоїдної) розділу «Розчини. Поверхневі явища. Колоїдні системи» є важливою складовою даної дисципліни, оскільки саме в ході виконання здобувачами вищої освіти лабораторних робіт формуються необхідні майбутньому спеціалісту уміння і навички.

В процесі виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Хімія (фізична та колоїдна)» розділу «Розчини. Поверхневі явища. Колоїдні системи» закріплюються теоретичні знання щодо розчинів, їхніх термодинамічних властивостей, формується уявлення про емульсії, аерозолі, поверхнево-активні речовини, які широко використовуються у сільськогосподарській практиці, хімічному захисті рослин, а також формуються вміння оцінювати ефективність використання поверхневих явищ, колоїднохімічних процесів, дисперсних систем. Це дозволяє сформувати науковий світогляд фахівців-агрономів.

Повному оволодінню матеріалом розділу фізичної і колоїдної хімії «Розчини. Поверхневі явища. Колоїдні системи» сприяє попереднє опитування здобувачів вищої освіти перед виконанням лабораторної роботи і участь всієї групи в обговоренні методик, конструкцій приладів, правил їх використання і особливостей виконання того чи іншого завдання. Особлива увага при цьому приділяється правилам техніки безпеки.

Допуск до виконання роботи здобувач вищої освіти отримує від викладача лише після опитування і тільки в тому випадку, якщо здобувач підготовлений. Звіт з роботи здобувач вищої освіти здає на наступному занятті.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ. ЛАБОРАТОРНИЙ ПОСУД ТА ДОПОМІЖНЕ ПРИЛАДДЯ

Лабораторний посуд

Під час роботи в лабораторії користуються пробірками, хімічними склянками, колбами, кристалізаторами тощо. *Пробірки* бувають різних розмірів. Є пробірки спеціального призначення: *центрифужні, градуйовані, для напівмікро- та мікроаналізу*. У клінічній лабораторії для деяких визначень користуються пробірками з тугоплавкого молібденового скла розміром 20x2 см.

Розчин у пробірці повинен займати не більше третини її об'єму, щоб рідину було легко розмішати. Не можна перемішувати вміст пробірки, закриваючи її отвір пальцем.

Хімічні склянки бувають різної ємності. їх виготовляють із тонкого скла. Такі склянки можна нагрівати, але не на відкритому вогні, а обов'язково на азбестовій сітці або на азбестовому картоні.

Склянки та інший тонкостінний скляний посуд не можна ставити після нагрівання на холодну поверхню. Переносити великі склянки з рідиною можна тільки обома руками.

Для розчинення і осадження взятих на хімічний аналіз речовини використовують склянки і колби ємністю 100, 200 або 400 мл. Миють склянки і колби хромовою сумішшю.

Колби є круглі і конічні (колби Ерленмейера). Круглі колби бувають круглодонні і плоскодонні. Горло в таких колб може бути різної ширини і довжини. Для спеціальних визначень, особливо в органічному синтезі, застосовують колби, які мають два або три горла.

Круглодонні колби розміщують на спеціальних підставках або кільцях. Колби, особливо плоскодонні, як і тонкостінні склянки, слід нагрівати на азбестовій сітці.

Колби Ерленмейера застосовують для титрування, оскільки з них легко видаляти вміст і розмішувати його без небезпеки розбризкати.

Для переливання рідини з посудини із широким горлом в посудину з вузьким горлом або для фільтрування застосовують скляні або фаянсові *лійки*.

Кристалізатори бувають різних діаметрів. Це плоскодонні скляні товстостінні чашки, які не можна нагрівати. У хімічних лабораторіях великі чашки застосовують для збирання газу над водою, охолодження посудини водою, кристалізації, очищення речовин перекристалізацією.

Вимірювальний посуд

До вимірювального посуду належать мензурки, мірні циліндри, мірні колби, піпетки, бюретки тощо (мал.1).

Мензурки – це конічні склянки з поділками для вимірювання об'ємів рідин. Мензурки нагрівати не можна.

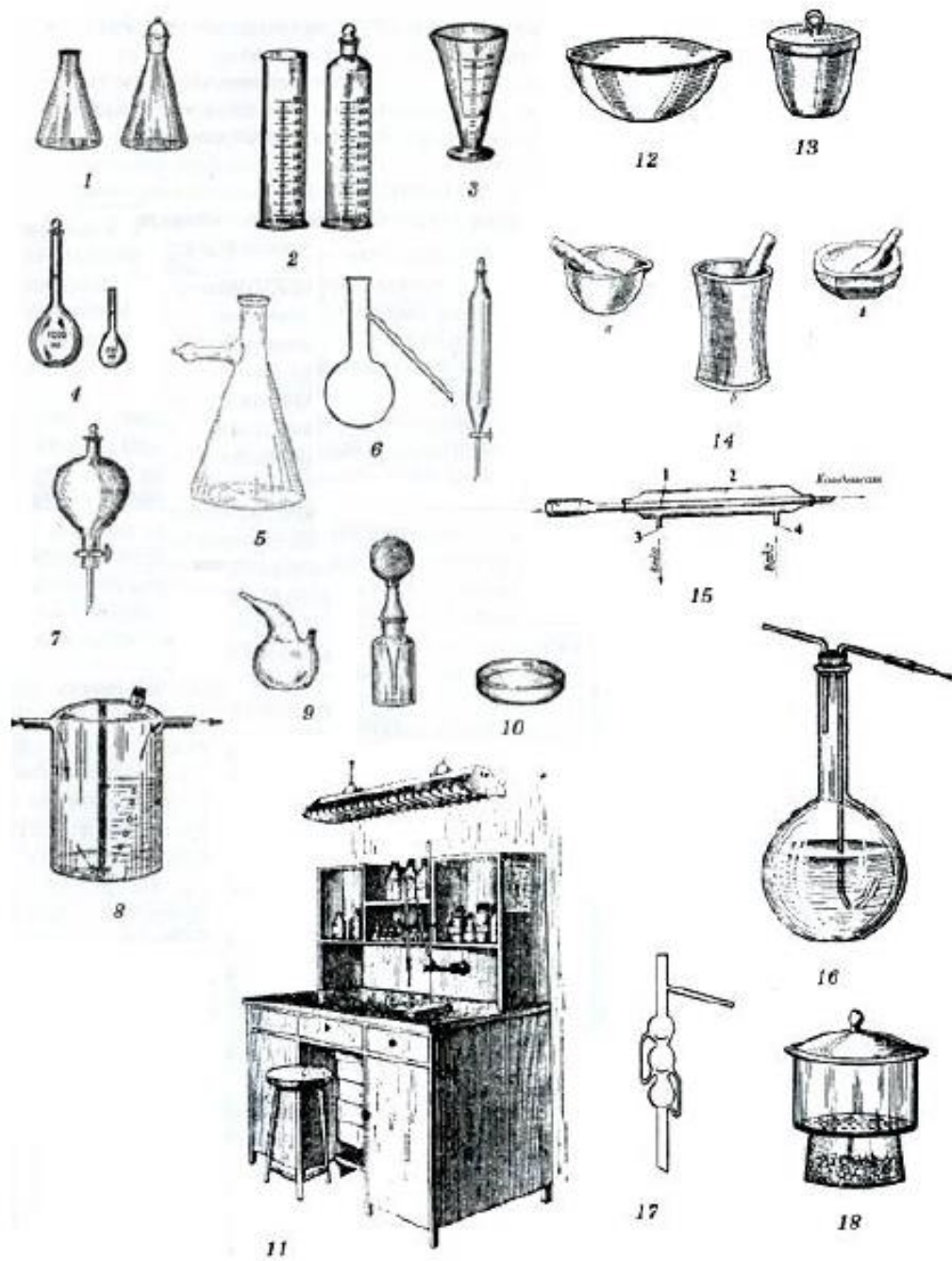
Мірні циліндри не призначені для точного вимірювання об'ємів. Їх використовують для приготування розчинів приблизної концентрації.

Мірні колби розраховані на вміст певного об'єму рідини – від 10 до 2000 мл. Це плоскодонні колби з вузькою і довгою шийкою, на яку нанесено кругову позначку. Якщо в колбу влити рідину до певної позначки, то об'єм рідини точно відповідатиме об'єму, вказаному на колбі.

Щоб правильно виміряти об'єм рідини в мірній колбі, необхідно, щоб око спостерігача було в одній площині з позначкою на шийці колби. При цьому нижня частина меніска рідини повинна торкатися позначки на шийці колби. У мірних колбах не можна нагрівати і зберігати розчини.

Піпетки використовують для перенесення певного об'єму рідини з однієї посудини в іншу. Піпетки бувають двох видів: розраховані на певний об'єм (піпетки Мора) і градуйовані.

Перед початком роботи піпетку добре миють і декілька разів ополіскують дистильованою водою з промивалки. Після цього її промивають і витирають зверху фільтрувальним папером, а залишену всередині воду видувають грушею. Перед тим як узяти піпеткою який-небудь розчин, її 1-2 рази ополіскують невеликою кількістю цього розчину: тримають горизонтально, повертають і нахиляють її то в один, то в інший бік, щоб розчин омив усі стінки піпетки. Після цього розчин з піпетки виливають у раковину.



Мал. 1. Лабораторний скляний посуд:

1 – Колби Ерленмейера; 2 – мірні циліндри; 3 – мензурка конічна; 4 – мірні колби; 5 – колба Бунзена; 6 – колба Вюрца; 7 – ділильні лійки; 8 – склянка Тищенко; 9 – крапельниці; 10 – чашка Петрі; 11 – лабораторний стіл; 12 – фаянсова чашка; 13 – фаянсовий тигель; 14 – ступки (а – фаянсова; б – мідна; в – агатова); 15 – холодильник Лібіха (1 – внутрішня трубка; 2 – зовнішня трубка; 3 – вихід; 4 – вхід); 16 – промивалка; 17 – дефлегматор; 18 – ексикатор.

Наповнення піпетки рідиною. Піпетку беруть великим і середнім пальцями і глибоко опускають її нижній кінець у рідину. Через верхній кінець втягують гумовою грушею рідину в піпетку так, щоб її рівень піднявся вище від позначки. Потім знімають грушу, швидко закривають вказівним пальцем верхній отвір піпетки, не даючи рідині витікати з неї. Виймають нижній кінець піпетки з рідини і витирають її зверху шматком фільтрувального паперу. Тримавши піпетку строго вертикально, встановлюють позначку на рівні очей, потім потроху послаблюють натискування пальцем на верхній отвір піпетки, щоб рідина повільно витікала. Коли нижня частина меніска опущеної рідини торкнеться позначки, отвір знову закривають пальцем. Піпетку переносять у підготовлений посуд і, тримавши її вертикально, дають рідині витікати. При цьому не можна опускати піпетку низько, кінчик її треба тримати біля верхнього краю посудини. Коли весь розчин з піпетки витече, слід зачекати кілька секунд, доторкуючись її кінчиком до стінки посудини і злегка повертаючи. ***Ні в якому разі не можна видувати з піпетки залишену краплю розчину!***

Бюретки призначені для вимірювання об'єму рідини. Найчастіше використовують бюретки місткістю 25 і 50 мл. Бюретки бувають з краном і без крана. Поділки на бюретці відповідають мілілітрам і десятим часткам мілілітра. Точність відліку по бюретці становить 0,03 мл (25 мл) або 0,05 мл (50 мл) залежно від вмісту бюретки.

Перед початком роботи бюретку добре миють і ополіскують кілька разів дистильованою водою. Під час роботи вона повинна бути у вертикальному положенні. Наповнюють бюретку за допомогою лійки.

Мірні циліндри використовують для приготування розчинів приблизної концентрації.

Посуд спеціального призначення

Годинникове скло використовують для зважування сипких речовин. Більшим годинниковим склом накривають склянки і колби.

Лійки застосовують для відфільтровування і промивання осаду. У макроаналізі часто користуються лійками діаметром 7-9 см.

Промивалки використовують для змиву осаду зі стінок склянки, фільтра, годинникового скла, бюкса.

Скляними паличками перемішують рідини, переносять рідини під час фільтрування. Найбільш зручні скляні палички з гумовим наконечником для збирання частинок осаду зі стінок склянки.

Бюкси – це маленькі скляночки з пришліфованою скляною покриттям. Вони призначені для зважування твердих та рідких речовин.

Фаянсові тиглі використовують для прожарювання осаду. Найкращі з них – № 3 діаметром 25 мм і висотою 35 мм. Маса нового тигля при прожарюванні завжди зменшується, тому перед використанням тиглі прожарюють у муфельній печі декілька годин до набуття ними постійної маси. Написи на тиглях роблять на дні із зовнішнього боку насиченим розчином хлориду заліза (III), а потім закріплюють написи прожарюванням протягом кількох хвилин. Порцелянові тиглі, які були у використанні, очищують гарячою розведеною (1:1) хлоридною кислотою, водою і знову прожарюють. Часто рештки деякого осаду повністю видалити не вдається, оскільки вони сплавилися з поверхнею порцеляни. Проте такі тиглі можна використовувати для подальшої роботи.

Ексикатори виготовляють з грубого скла з пришліфованою, щільно прилягаючою покриттям. Між верхньою і нижньою частинами ексикатора кладуть порцелянову пластину з отворами, на які ставлять тиглі, бюкси тощо. На дно ексикатора кладуть осушувальні речовини: найчастіше прожарений CaCl_2 , рідше – P_2O_5 або концентровану H_2SO_4 . Притерті поверхні ексикатора та покриття змащують вазеліном. Тиглі і бюкс після прожарювання або висушування витримують в ексикаторі для охолодження до кімнатної температури перед зважуванням на аналітичних терезах. В ексикаторах зберігають осади і речовини, які можуть вбирати вологу з повітря.

Більшість дослідів проводять у скляному посуді: у пробірках різної місткості та хімічних склянках, колбах плоскодонних, круглodonних, колбах Ерленмейера, Вюрца.

У процесі роботи використовують скляні лійки для фільтрування, ділильні лійки, крапельні лійки. Для випарювання – порцелянові чашки, для спалювання і прожарювання – фаянсові тиглі. Для розмішування рідин і твердих речовин застосовують різні скляні палички, для виведення газів з приладів – скляні трубки, для відмірювання невеликої кількості рідини – різні піпетки.

Для промивання осадів на фільтрі, під час титрування та з іншою метою використовують *промивалки*.

Посуд під час роботи закріплюють за допомогою штативів Бунзена з кільцями та затискачами. Для пробірок використовують штативи. Для того щоб плоскодонний скляний посуд не тріскався при нагріванні, під нього підставляють азбестові сітки відповідних розмірів.

Нагрітий скляний посуд не можна класти відразу на холодну поверхню.

Для збирання газів використовують такий скляний посуд: циліндри, кристалізатори. Цей посуд нагрівати не можна.

Для подрібнення речовин застосовують фаянсові *ступки* з фаянсовим товкачиком. Вони повинні бути чистими і добре висушеними. Подрібнювати в них можна речовини не більш ніж на $1/3$ об'єму ступки. У ступці речовини можна тільки розтирати, але не товкти.

Кислоти краще закривати скляними притертими пробками, а концентровані кислоти – ще й притертими ковпачками. Склянки з лугами не можна закупорювати скляними пробками, оскільки внутрішня поверхня горла склянки піддається дії вуглекислого газу з повітря, і через це в просторі між пробкою і горлом склянки утворюються кристали вуглекислих солей. Унаслідок цього пробка "заїдає" і її важко вийняти. Тому склянки з лугами закривають гумовими пробками або пластмасовими закрутками, які інколи для ізоляції лугу від навколишнього середовища парафінують. Пробку потрібно підбирати до того, як у склянку налито речовину. Гумова пробка повинна тісно входити в посудину, при цьому не менше ніж третина її має виступати з посудини. Якщо через пробку потрібно пропустити скляну трубку, а отвору в пробці для цього немає, то його треба просвердлити, підбираючи діаметр свердла відповідно до діаметра трубки.

Для спалювання речовин у кисні застосовують *залізні ложечки*. Спалювання проводять у циліндрі або склянці, на дно яких треба насипати шар піску, щоб вони не тріснули, коли на дно впаде частинка розжареної речовини.

Під час роботи напівмікрометодом реактиви використовують у дуже малих кількостях – краплями і крупинками. Усі необхідні для роботи реактиви повинні знаходитись у крапельницях, розміщених на спеціальному штативі-гірці. Розчини з них відбирають крапельними піпетками, а сухі речовини – мікрошпателем.

Перша допомога в разі нещасних випадків

1. У всіх нещасних випадках (глибокому порізі, отруєнні, опіках тощо) необхідно негайно звернутися до лікаря. За можливості потерпілому треба надати першу допомогу.

2. При порізах склом слід видалити уламки скла з рани, змазати уражене місце 3 % спиртовим розчином йоду і перев'язати бинтом, щоб припинити кровотечу.

3. При отруєнні шкідливими газами негайно припинити дослід і відкрити вікна та двері. Потерпілого винести на свіже повітря, розстебнути одяг, дати понюхати вату, змочену нашатирним спиртом. Коли потерпілий опритомніє, дати йому міцного чаю. При неглибокому отруєнні хлором або паром бромом дати понюхати суміш етилового і нашатирного спиртів.

4. При отруєнні йодом потерпілому дати випити крохмаль з водою, молоко, міцний чай або розчин соди.

5. У разі отруєння лугами (їдким натром) необхідно випити молока або 2 % розчину оцтової або лимонної кислоти. Не давати блювотних засобів.

6. При отруєнні кислотами (соляною, сульфатною) дати потерпілому води з розтертою крейдою, попелом, 1 % розчин натрію гідрогенкарбонату, вапняну воду. Не давати блювотних засобів і не промивати шлунок.

7. У разі опіків рану обробити 2 % розчином перманганату калію, таніну або маззю від опіків.

8. Якщо на шкіру потрапили бризки кислоти або лугу, то уражене місце слід промити великою кількістю води, а потім відповідно 3 % розчином соди або 2 % розчином оцтової кислоти.

Правила поведінки у хімічній лабораторії

1. Заходьте до лабораторії тільки з дозволу викладача.
2. Заходьте і виходьте з лабораторії спокійно, щоб випадково не перекинути хімічний посуд з приладами або склянки з реактивами, що стоять на столах.
3. Сидіть у лабораторії завжди за одним і тим самим робочим місцем і не переходьте на інше місце без дозволу викладача.
4. Підтримуйте чистоту й порядок на своєму робочому місці, не залишайте на столі сміття, збирайте його і викидайте в установлені місця (урни або спеціально поставлені на столах банки), після роботи мийте за собою посуд.
5. Не тримайте під час роботи на столі нічого зайвого; на ньому можуть бути підручник, задачник, довідник, робочий журнал та письмове приладдя.
6. Дбайливо ставтеся до обладнання лабораторії.
7. Виконуйте усі досліди самостійно, крім тих, які за вказівкою викладача виконуються групами з 2-4 студентів.
8. Перевірте, чи є все необхідне для дослідів, і продумайте послідовність виконання кожного з них.
9. Працюйте сидячи, швидко, але без зайвої квапливості, під час роботи додержуйтеся тиші.
10. Записуйте хід виконання досліду в робочий журнал і робіть запис усіх спостережень, рівнянь реакцій, висновків відразу ж після виконання досліду.
11. Дотримуйтеся правил користування водогоном, газом та електрикою, не відкривайте без потреби крани, не засмічуйте раковини, вмикайте електричні прилади за необхідності.
12. Знайте і дотримуйтеся правил нагрівання, поводження з розчинами кислот і лугів, вогненебезпечними, вибухонебезпечними та отруйними речовинами.
13. Знайте місцезнаходження в лабораторії протипожежних засобів, аптечки і вмійте ними користуватись у разі нещасного випадку.

Основні застережні заходи під час роботи в хімічній лабораторії

1. Працюйте обов'язково в халаті.
2. Будьте максимально обережні під час виконання практичних робіт, пам'ятаючи, що неохайність, неуважність, недостатня обізнаність із властивостями речовин, з якими проводиться робота, може спричинити нещасний випадок.
3. Виконуйте тільки ті хімічні досліди, які погоджені з викладачем, під його наглядом або наглядом лаборанта.
4. Уважно читайте етикетку на посудині з тією речовиною, яку берете для досліду. Відкривши посудину, пробку не кладіть на лабораторний стіл боком, а поставте її вертикально (мал. 2).
5. Беріть реактиви для дослідів тільки в тих кількостях, які зазначені в інструкції.
6. Якщо в інструкції не вказано, яку масу чи об'єм речовини треба взяти, то суху речовину беріть у такій кількості, щоб вона закрила лише дно пробірки, а розчину не більше ніж 1/л її об'єму.
7. Не зливайте надлишок реактиву назад у посудину, де він зберігався.
8. Під час наливання рідин беріть посудину з реактивом так, щоб етикетка спрямовувалась у бік долоні, знімайте краплю з краю шийки посудини, оскільки рідина, стікаючи по склу, псуватиме етикетку, може обпекти руку (мал. 3).



Мал. 2. Так треба ставити пробку, відкривши посудину з реактивом



Мал. 3. Знімання краплі рідини з шийки посудини

9. Закрийте пробкою і поставте на місце посудину, з якої взяли реактив.
10. Користуйтеся пробіркотримачем під час нагрівання розчинів у пробірці. Уважно стежте за тим, щоб отвір пробірки був спрямований від вашого обличчя, бо рідина внаслідок перегрівання може виплеснутися з пробірки.
11. Під час нагрівання рідин стежте, щоб не перегрівалися стінки посудини над рідиною (особливо, коли рідини мало), тому

що при потраплянні крапель рідини на перегріте скло посудина може тріснути.

12. Не нагрівайте пробірку лише знизу, а прогрівайте її всю, весь її вміст, щоб уникнути перегрівання.

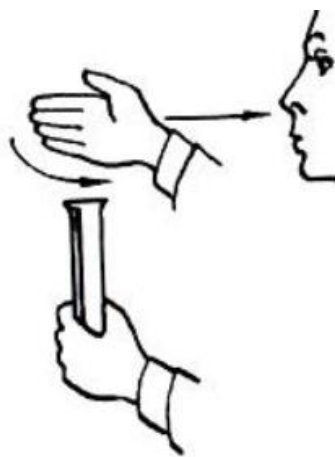
13. Не заглядайте в пробірку, в якій нагрівається рідина, і не нахиляйтеся над посудиною, в яку наливається будь-яка рідина (особливо їдка), щоб непомітні бризки не потрапили в очі (мал. 4).

14. Не пробуйте на смак речовини.

15. Нюхайте будь-які речовини з обережністю, не нахиляйтеся над посудиною і не вдихайте глибоко, а спрямовуйте до себе пару чи газ рухами руки (мал. 5).



Мал. 4. Розбрикування рідини під час наливання в посудину



Мал. 5. Так треба нюхати речовини

16. Дотримуйтеся особливої обережності під час роботи з нагрівальними приладами.

17. Ставте гарячі предмети на керамічну плитку або спеціальну підставку.

18. Відпрацьовані реактиви зливайте в раковину (після їх нейтралізації), а цінні реактиви – у спеціальні посудини.

19. Приберіть своє робоче місце після закінчення роботи, перекрийте воду, вимкніть електронагрівальні прилади і ретельно вит мийте руки.

20. Не кладіть свої сніданки на лабораторні столи і ніколи не споживайте їжу в лабораторії.

Уразі нещасного випадку негайно звертайтеся до викладача!

Контрольні запитання

1. Для чого призначені лабораторії?
2. Основні вимоги до приміщення лабораторії та її оснащення.

3. Вимоги до робочого місця лаборанта.
4. Роль правильного ведення документації в роботі кожного лаборанта.
5. Основні правила безпеки та особистої гігієни під час роботи в лабораторіях із шкідливими й токсичними речовинами.
6. Правила поведінки в лабораторії.
7. Перерахуйте види спецодягу для роботи в лабораторії.
8. Які засоби протипожежної безпеки повинні бути в лабораторії?
9. У яких випадках не можна застосовувати воду для гасіння пожежі?
10. Як здійснюється вентиляція лабораторного приміщення?
11. Які заходи першої медичної допомоги застосовують у разі опіків кислотами і лугами?
12. У чому особливості безпеки під час роботи в медичних лабораторіях?
13. Які види вимірювального посуду вам відомі?
14. Яке призначення кожного виду посуду?
15. Яким посудом – мірним циліндром чи піпеткою – можна точніше відміряти рідину?

Лабораторна робота № 1

Тема: **Кріоскопічне визначення молекулярної маси речовини**

Мета: навчитися визначати молярну масу речовини кріоскопічним методом.

Теоретичні відомості

Визначення молярної маси речовини кріоскопічним методом базується на другому законі Рауля, згідно з яким:

$$\Delta t_{\text{зам}} = K \cdot C_m,$$

де C_m – моляльна концентрація розчину (моль/кг),

K – кріоскопічна стала (для води 1,86). Моляльна концентрація розраховується за формулою:

$$C = \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot m_{\text{розчинника}}} \cdot 1000$$

де $m_{\text{реч}}$ – маса розчиненої речовини у грамах;

$m_{\text{розчинника}}$ – маса розчинника у грамах;

M – молярна маса розчиненої речовини, г/моль.

Підставляючи значення в рівняння Рауля, отримаємо:

$$\Delta t = K \frac{m_{\text{реч}}}{M \cdot m_{\text{розчинника}}} \cdot 1000$$

звідси:

$$M = K \frac{m_{\text{реч}}}{\Delta t \cdot m_{\text{розчинника}}} \cdot 1000$$

Це рівняння використовують для визначення молярної маси розчиненої речовини, якщо зниження температури визначають дослідним шляхом.

Експериментальна частина

Готують кріоскоп, який зазначено на рисунку. Охолодження рідини відбувається в пробірці А, в яку вставляють термометр Бекмана з мішалкою. Пробірка А вставляється через дерев'яну пробку в більш широкую пробірку Б, остання потрібна для захисту

пробірки А від механічних ушкоджень і створення більш рівномірного охолодження рідини.

Пробірка Б занурюється у велику посудину С, заповнену охолоджуючою сумішшю.

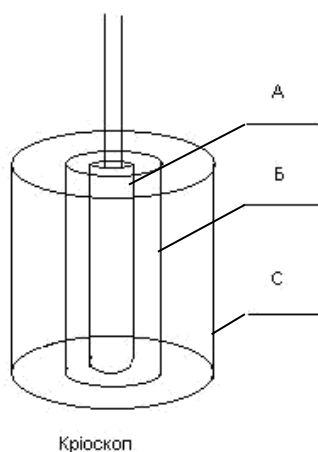


Рис. 1.1. Схема кріометра

1. Визначення температури замерзання розчинника.

Пробірку А виймають з приладу, закривають отвір пробірки Б папером, щоб туди не потрапили шматки криги, і наповнюють посудину С охолоджуючою сумішшю (крига і кухонна сіль). Температура охолоджуючої суміші повинна бути нижче температури замерзання розчинника на 3-5°C. У пробірку А наливають точно 25 см³ дистильованої води, занурюють туди мішалку і термометр, попередньо промитий дистильованою водою і витертий фільтрувальним папером. Пробірку А разом з термометром і мішалкою ставлять у пробірку Б, що знаходиться в посудині С, і спостерігають за зміною меніску ртуті в термометрі.

По мірі охолодження розчинника ртуть стискається, і меніск її рухається донизу за шкалою термометра. Оскільки охолодження проводиться повільно, то рідина переохолоджується. Переохолодження проводиться на 1°C нижче точки замерзання рідини, потім рідину помішують мішалкою. При цьому починається процес кристалізації розчинника і вивільняється теплота кристалізації. Меніск ртуті в цей час піднімається, а потім зупиняється. Точка, де він зупинився, і є температурою замерзання чистого розчинника.

Визначення цієї точки робиться якнайточніше і записується у лабораторний журнал. Пробірку А з термометром і мішалкою виймають з охолоджувальної суміші, промивають теплою водою від криги, знову занурюють у охолоджуючу суміш і дослід

повторюють ще раз. Температура замерзання розчинника вважається встановленою, якщо внаслідок двох вимірювань результати відрізняються не більше ніж $0,003^{\circ}\text{C}$.

2. Визначення температури замерзання розчину.

У пробірку А до розчинника, точку замерзання якого щойно визначили, додають точну наважку сухої речовини, молярну масу якої треба встановити. Розчин помішують мішалкою і пробірку А занурюють у посудину С.

Вимірювання температури замерзання роблять аналогічно вимірюванню температури замерзання розчинника. Дослід повторюють два рази з точністю до $0,003^{\circ}\text{C}$.

На графіку наведено криві вимірювання температури розчинника та розчину в процесі її охолодження.

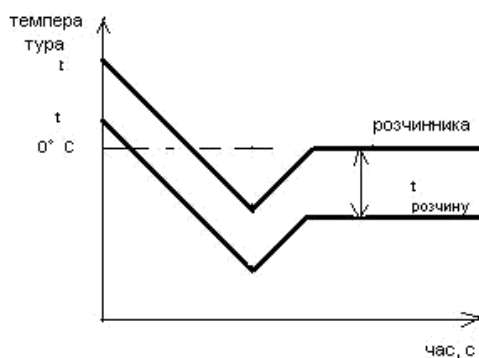


Рис. 1.2. Графік охолодження розчинника і розчину

Мінімальні точки графіків відповідають температурам переохолодження, зупинки після підняття ртуті.

Хід кривих розчинника та розчину в період замерзання різний: у розчинника склад рідкої та твердої фази однаковий, а при твердненні розчину спочатку кристалізується частина розчинника і він стає більш концентрованим, а зниження температури замерзання прямо пропорційне концентрації.

Тому для одержання більш точного обчислення рекомендується не допускати переохолодження розчину більш ніж на $0,5^{\circ}\text{C}$ порівняно з температурою замерзання розчинника.

Визначивши температури замерзання чистого розчинника та розчину, встановлюють зниження температури замерзання розчину, тобто Δt .

Обчислюючи молярну масу речовини, дані записують таким чином:

Розчинена речовина _____

Розчинник _____

Маса розчиненої речовини _____

Маса розчинника _____

Температура замерзання чистого розчинника:

t_1 _____, t_2 _____, t_3 _____

Температура замерзання розчину:

t_1 _____, t_2 _____, t_3 _____

Зниження температури замерзання Δt

Молярна маса розчиненої речовини $M =$ _____

Осмотичний тиск розчину $P = \frac{m_{\text{реч}}}{MV} \cdot RT$ _____

(Об'єм розчину в (дм³); прийняти $\rho = 1\text{г/см}^3$).

Контрольні питання

1. Сформулюйте і запишіть математично перший закон Рауля.

2. Сформулюйте і запишіть математично другий закон Рауля.

3. Чи однакова буде температура кипіння і замерзання чистого розчинника і розчину?

4. Який фізичний зміст величин E і K у другому законі Рауля? Чому вони дорівнюють?

5. На чому заснований кріоскопічний метод визначення молярної маси речовини? Запишіть математичне рівняння розрахунку молярної маси кріоскопічним методом.

6. На чому заснований ебуліоскопічний метод визначення молярної маси речовини? Запишіть математичне рівняння розрахунку молярної маси ебуліоскопічним методом.

Лабораторна робота № 2

Тема: Буферні розчини

Мета: приготування буферних розчинів та дослідження їх властивостей; дослідження впливу розведення на рН буферного розчину та буферну ємність.

Теоретичні відомості

Буферними розчинами називають розчини, до складу яких входять слабка кислота (або слабка основа) та її сіль. Наприклад, суміш оцтової кислоти і натрій ацетату ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$), суміш амоній гідроксиду і амоній хлориду ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$).

рН буферної суміші під впливом сильної основи або сильної кислоти практично не змінюється. Кожний буферний розчин має певну буферну ємність – здатність розчину зберігати сталу величину рН при додаванні кислот або лугів. *Буферна ємність* – це кількість мольеквівалентів сильної кислоти або лугу, які необхідно додати до 1 л буферного розчину, щоб змістити рН на одиницю. Буферна ємність залежить від концентрації компонентів та їх співвідношення. Найбільшу буферну ємність мають розчини, в яких концентрації обох компонентів однакові.

Буферна ємність виражається в моль/дм³ або частіше в ммоль/дм³ і обчислюється за такими формулами:

$$V_{\text{к}} = \frac{c(\frac{1}{2} \text{к} - \text{ти}) \cdot V(\text{к} - \text{ти})}{V(\text{буф. р} - \text{ну}) \cdot \Delta \text{рН}} \quad V_{\text{л}} = \frac{c(\frac{1}{2} \text{лугу}) \cdot V(\text{лугу})}{V(\text{буф. р} - \text{ну}) \cdot \Delta \text{рН}},$$

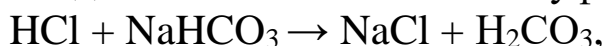
де $V_{\text{к}}$ – буферна ємність за кислотою;

$V_{\text{л}}$ – буферна ємність за лугом;

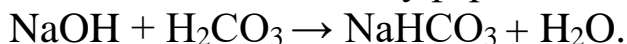
$\Delta \text{рН}$ – зміна рН буферної системи при додаванні кислоти (лугу);

$V(\text{буф. р-ну})$ – об'єм буферного розчину.

Принцип дії буферної системи (на прикладі буферної системи $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$) полягає в тому, що при появі в середовищі кислоти з нею взаємодіє основний компонент буфера, наприклад,



при цьому сильна кислота (HCl) перетворюється у слабку (H₂CO₃). І, навпаки, додавання в середовище якої-небудь основи веде до її зв'язування кислотним компонентом буфера:



Не змінюється рН буферної суміші й при розведенні, тому що залежить від співвідношення концентрації солі та кислоти. При розведенні концентрація обох компонентів змінюється однаково, а їх співвідношення залишається незмінним.

Буферні системи бувають кислотні, основні та амфолітні. Кислотні складаються зі слабкої кислоти і її солі із сильною основою. Основні – зі слабкої основи і її солі із сильною кислотою. Наприклад, ацетатний буферний розчин містить слабку оцтову кислоту й натрій ацетат; аміачний буферний розчин – слабку основу амоній гідроксид й амоній хлорид. Амфолітні – розчини амінокислот або білків.

рН будь-якої буферної системи можна розрахувати за рівнянням:

$$pH = pK_{\text{кислоти}} - \lg \frac{[\text{кислота}]}{[\text{сіль}]}$$

Експериментальна частина

1. Приготування буферних розчинів.

рН буферного розчину залежить від природи речовин, що входять до складу буферної системи, і від їх співвідношення у розчині.

Пронумерувати шість пробірок. Додати у них розчин оцтової кислоти та натрій ацетату в таких співвідношеннях:

Розчин	№ пробірки					
	1	2	3	4	5	6
0,1 н. розчин оцтової кислоти	9	8	5	3	2	1
0,1 н. розчин натрій ацетату	1	2	5	7	8	9
рН _{розрах}	3,7	4,0	4,6	5,0	5,2	5,6
рН _{експ}						

рН приготованих розчинів визначити універсальним індикаторним папером. Для вимірювання взяти смужку універсального індикаторного папірця і за допомогою скляної палички нанести краплю досліджуваного розчину на смужку.

Використовуючи кольорову шкалу порівняння, що додається до індикаторних папірців, за отриманим кольором індикатора знайти значення величини рН, що відповідає отриманому кольору.

2. Властивості буферних розчинів.

У колбу відмірити 4 см³ оцтової кислоти та 16 см³ натрій ацетату. Вміст колби старанно перемішати. Пронумерувати чотири пробірки. У пробірки № 1 та № 3 відмірити по 5 см³ приготованої буферної суміші, а в пробірки № 2 та № 4 по 5 см³ дистильованої води. В пробірки № 1 та № 2 додати по 1 – 2 краплини фенолфталеїну та їх вміст титрувати із бюретки лугом (0,1 н. NaOH), при цьому рахувати краплі до появи малинового кольору. В пробірки № 3 і № 4 додати індикатор конго червоний і титрувати кислотою (0,1 н HCl) до появи синього кольору, підраховуючи краплини.

Пояснити, чому в пробірку № 1 треба додати більше лугу, ніж у пробірку № 2, а в пробірку № 3 більше кислоти, ніж у пробірку № 4.

3. Вплив розведення на рН буферного розчину та буферну ємність.

Взяти три колби. В кожену з них відміряти по 5 см³ оцтової кислоти і по 5 см³ натрій ацетату. Вміст колби № 1 залишити нерозведеним, вміст колби № 2 розвести у 2 рази, для чого до одержаної буферної суміші додати рівний об'єм води (10 см³), а вміст колби № 3 розбавити у 4 рази, для чого до неї додати 30 см³ води. Розчини в кожній колбі перемішати.

Пронумерувати три пробірки і в них відміряти по 2 см³ буферних розчинів: нерозведеного, розведеного удвічі та розведеного у 4 рази. Потім рН кожного розчину визначити універсальним індикаторним папером.

Чи змінюється рН при розведенні буферного розчину?

Пронумерувати три пробірки і в них відповідно відміряти по 2 см³ нерозведеного, розведеного вдвічі та розведеного в 4 рази буферних розчинів. У кожену пробірку додати по 2 – 3 краплі фенолфталеїну і титрувати із бюретки лугом, підраховуючи краплі, до появи рожевого кольору.

Як впливає розведення на буферну ємність розчину?

Контрольні питання

1. Які розчини називають буферними?
2. Наведіть класифікацію буферних розчинів.
3. Який механізм буферної дії (на прикладі ацетатного буфера)?
4. Як обчислюють рН буферних розчинів? Від чого він залежить?
5. Що таке буферна ємність? Від чого вона залежить? Як приготувати буферний розчин, щоб його буферна ємність була найбільшою?
6. Як впливає розведення на рН і ємність буферних розчинів?
7. Визначити рН ацетатного буфера, що складається з 100 см^3 $0,1 \text{ н}$ CH_3COOH та 200 см^3 $0,2 \text{ н}$ CH_3COONa , якщо $K(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,75 \cdot 10^{-5}$. Як зміниться рН цього буфера, якщо до нього додати 30 см^3 $0,2 \text{ н}$ NaOH ?
8. Обчислити об'єм (см^3) $0,1 \text{ М}$ CH_3COONa і $0,1 \text{ М}$ CH_3COOH , які треба змішати, щоб приготувати 3 дм^3 $0,1 \text{ М}$ ацетатного буфера з $\text{рН} = 5,24$, рК $\text{CH}_3\text{COOH} = 4,76$.
9. До 100 см^3 крові для зміни рН від $7,36$ до $7,0$ треба додати 36 см^3 $0,05 \text{ н}$ HCl . Обчислити буферну ємність крові за кислотою.

Лабораторна робота № 3

Тема: Приготування і властивості колоїдних розчинів

Мета: одержання колоїдних розчинів різними способами та дослідження їх властивостей.

Теоретичні відомості

Дисперсні системи є гетерогенними системами, тобто складаються з декількох фаз, найчастіше з двох. Одна з фаз знаходиться в сильноподрібненому (диспергованому) стані у вигляді дрібних твердих частинок, крапельок рідини, бульбашок газу і називається *дисперсною фазою*. Друга складова частина дисперсної системи – середовище, у якому розподілені частки диспергової речовини, називається *дисперсійним середовищем*.

Дисперсні системи класифікують за різними ознаками.

1. Три агрегатних стани (твердий, рідкий, газоподібний) дозволяють виділити дев'ять типів дисперсних систем. Їх позначають дробом, чисельник якого вказує на агрегатний стан дисперсної фази, а знаменник – дисперсійного середовища.

Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом

Дисперсійне середовище	Дисперсна фаза	Умовне позначення	Назва системи і приклади
Тверде	Тверда	Т/Т	Тверді гетерогенні системи: мінерали, сплави, бетон, композиційні матеріали.
	Рідка	Р/Т	Капілярні системи: ґрунти, рідина в пористих тілах.
	Газоподібна	Г/Т	Пористі тіла: адсорбенти і каталізатори.
Рідке	Тверда	Т/Р	Суспензії і золі: пасти, мул, пульпа.
	Рідка	Р/Р	Емульсії: нафта, креми, молоко.
	Газоподібна	Г/Р	Газові емульсії, піни.
Газоподібне	Тверда	Т/Г	Аерозолі: (пил, дим), порошки.
	Рідка	Р/Г	Аерозолі: тумани, хмари.
	Газоподібна	Г/Г	Атмосфера.

2. Всі дисперсні системи за кінетичними властивостями дисперсної фази можна поділити на два класи: вільнодисперсні системи, в яких дисперсна фаза рухлива, і зв'язанодисперсні системи – найчастіше системи з твердим дисперсійним середовищем, в яких частинки дисперсної фази не можуть вільно пересуватися.

3. Дисперсні системи також класифікуються за ступенем дисперсності дисперсної фази.

Вільнодисперсні системи поділяються на ультрамікрогетерогенні (з розміром частинок від 1 до 100 нм), мікрогетерогенні (від 0,1 до 10 мкм) і грубодисперсні, розмір частинок яких більше 10^{-3} см. Дисперсні системи, у яких дисперсійним середовищем є рідина, а дисперсна фаза має колоїдний ступінь дисперсності (10^{-5} – 10^{-7} см), називаються золями, тобто золі – це колоїдні розчини або рідкі колоїдні системи.

Зв'язанодисперсні системи, або пористі тіла, класифікують на мікропористі – з розмірами комірки до 2 нм, перехіднопористі – від 2 до 200 нм і макропористі – більше 200 нм.

Тверді колоїдні розчини одержують, як правило, зі зв'язанодисперсних систем у розплавах у процесі їхнього охолодження й отвердіння (одержання скла, сталі, чавуна і т.п.).

Колоїдні розчини можуть бути одержані двома шляхами:

- подрібненням великих частинок до необхідної дисперсності (диспергаційні методи);

- об'єднанням молекул чи іонів в агрегати колоїдних розмірів (конденсаційні методи).

Крім того, окремо виділяють метод пептизації, що полягає в переведенні в колоїдний розчин осадів, первинні частинки в яких вже мають колоїдні розміри.

Одержання колоїдних систем диспергаційними методами здійснюється в різного роду дробарках, млинах різної конструкції (кульові, колоїдні), за допомогою ультразвуку, у вольтовій дузі (електрогідравлічний удар).

Подрібнення до частинок малих розмірів вимагає великої витрати роботи, тому що поверхня розділу між фазами в таких системах дуже велика. Частинки, що утворюються при подрібненні, мають схильність до самодовільного злипання (коагуляції), тому

подрібнення проводять у дисперсійному середовищі в присутності стабілізаторів – поверхнево-активних речовин.

Процес диспергування має велике практичне значення в ряді виробництв і технологічних процесів: при одержанні високодисперсних порошків, наповнювачів для полімерів, пігментів для фарб, при виготовленні борошна й інших харчових продуктів і т.п.

Диспергаційними методами не вдається досягти високої дисперсності. Системи з розмірами частинок 10^{-8} – 10^{-9} м одержують **конденсаційними методами**, що не вимагають витрат зовнішньої роботи. Шляхом конденсації, в залежності від умов, можуть бути отримані системи будь-якої дисперсності.

Розрізняють методи фізичної і хімічної конденсації.

Найважливіші фізичні методи одержання дисперсних систем – конденсація з пари і метод заміни розчинника (погіршення якості розчинника).

Найбільш простий приклад конденсації з пари – утворення туману. При зміні параметрів системи, зокрема, при зниженні температури, тиск пари може стати вище рівноважного тиску пари над рідиною (чи над твердим тілом) і в газовому середовищі виникає нова рідка фаза. В результаті система стає гетерогенною – починає утворюватися туман.

Широко застосовується метод заміни розчинника. На відміну від методу конденсації з пари, у даному випадку змінюють не параметри системи, а склад середовища. Наприклад, розчин якої-небудь речовини поступово, при перемішуванні, додають до рідини, у якій ця речовина не розчинна. При цьому відбувається конденсація молекул і утворення колоїдних частинок.

Хімічні методи також засновані на конденсаційному виділенні нової фази з пересиченого розчину, однак, на відміну від фізичних методів, речовина, що утворює дисперсну фазу, утворюється в результаті хімічної реакції: обміну, відновлення, окислення, гідролізу.

Розміри частинок, що утворюються при хімічній конденсації, залежать від умов проведення процесу конденсації, а саме – від співвідношення між швидкостями двох процесів, що відбуваються одночасно: утворення зародків кристалів і їх росту. Для одержання дрібних частинок необхідна значна перевага швидкості першого

процесу над швидкістю другого. Такі умови створюються або в дуже розведених розчинах (при цьому утворюються частинки розміром до 1 нм), або в досить концентрованих розчинах, коли утворюється відразу багато зародків кристалізації, що не встигають вирости до великих розмірів (при цьому утворюється дрібнокристалічний осад).

Осад за певних умов можна перевести в колоїдний розчин. При цьому відбувається фізико-хімічне подрібнення осаду, що називається **пептизацією**. У рихлих осадах є окремі частинки дисперсної фази, що розділені прошарками дисперсійного середовища. Їхньому безпосередньому зіткненню перешкоджають або подвійні електричні шари, або сольватні оболонки на поверхні частинок. Вони забезпечують відштовхування частинок на близьких відстанях, у той час як на більш далеких переважають сили міжмолекулярного тяжіння, що не дозволяють частинкам розійтися за рахунок теплового руху.

Експериментальна частина

1. Одержання колоїдного розчину каніфолі, сірки.

У дві пробірки додати по 3-4 см³ води і в одну з них додати 2-3 краплі спиртового розчину каніфолі, а в другу – спиртового розчину сірки. У одержаних розчинах спостерігають явище опалесценції. Воно характерне тільки для колоїдних розчинів.

Спостереження і висновки записують в журнал. Визначають метод одержання дисперсної системи.

2. Одержання гідрозолу ферум гідроксиду.

Додати у дві пробірки по 3-4 см³ води. Одну з пробірок нагріти до кипіння, при цьому додати кілька крапель концентрованого розчину ферум (III) хлориду, після чого припинити нагрівання пробірки. Окремо додати ферум (III) хлорид і в пробірку з холодною водою.

Спостереження записати у зошит. Визначити метод одержання дисперсної системи.

Отриманий гідрозоль гідроксиду заліза залишити для наступного визначення знака заряду колоїдних часток (дослід 5).

3. Одержання гідрозолу сірки.

Додати у пробірку 3-4 см³ розчину натрій тіосульфату і 1-2 краплі сульфатної кислоти. Через кілька хвилин розчин змінює свій зовнішній вигляд.

Спостереження записати у зошит. Визначити метод одержання дисперсної системи.

4. Одержання гідрозолу берлінської лазурі.

Додати у пробірку 5-6 см³ розчину жовтої кров'яної солі і 1-2 краплини розчину ферум (III) хлориду. Утворюється золь берлінської лазурі. Добутий золь залишити для визначення знаку заряду колоїдних частинок (дослід 5).

Спостереження і висновки записати в журнал. Написати хімічну реакцію утворення гідрозолу берлінської лазурі. Написати формулу міцели гідрозолу берлінської лазурі.

5. Визначення знаку заряду колоїду.

Поверхня фільтрувального паперу у воді має негативний заряд. Якщо до води додати електрично заряджений колоїд і в цей же розчин занурити смугу фільтрувального паперу, то вода буде підійматися по капілярах паперу і тягнути за собою колоїдні частинки, що мають однаковий заряд з папером. Якщо колоїдні частинки мають заряд, протилежний заряду поверхні капілярів фільтрувального паперу, то вони адсорбуються стінкою капіляра і не зможуть підніматися по капілярах разом з водою. Цей дослід добре спостерігати для забарвлених колоїдів.

У хімічні склянки налити невелику кількість досліджуваних колоїдів (кожний окремо). На скляній паличці зафіксувати смугу фільтрувального паперу, вільний кінець якого занурити на 2-3 мм в досліджуваний колоїдний розчин. Підрахунок результатів досліду провести через 20-30 хвилин. Пояснити свої спостереження.

Контрольні питання

1. Які розчини називають колоїдними?
2. Що таке дисперсна фаза та дисперсійне середовище?
3. Які відомі способи добування колоїдних розчинів?
4. Яку будову має колоїдна частинка? Де виникає електричний потенціал?
5. Чим відрізняються гідрофільні колоїди від гідрофобних?

Лабораторна робота № 4

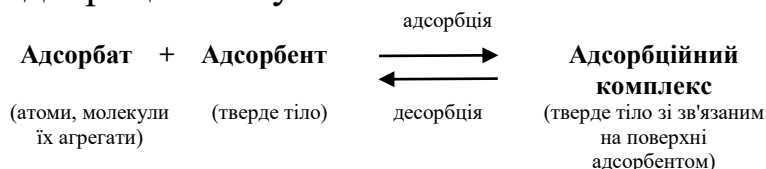
Тема: **Адсорбція на границі розподілу тверде тіло – розчин**

Мета: оволодіти методами дослідження процесу адсорбції, одержати навички побудови ізотерм сорбції і кінетичних кривих сорбції на прикладі адсорбції полімерів з розчинів твердими поверхнями.

Теоретичні відомості

Адсорбція є окремим випадком сорбції – поглинання газів, пари і розчинених речовин твердими тілами і рідинами. Адсорбцією називається концентрування речовини (адсорбата, адсорбтива) з об'єму фаз на поверхні розподілу між ними, наприклад, з газу чи розчину на поверхні твердого тіла (адсорбенту) чи рідини. Адсорбція відбувається під впливом молекулярних сил поверхні адсорбенту і веде до зменшення поверхневої енергії.

Процес адсорбції описується схемою:



За цією схемою адсорбцію можна розглядати як процес збагачення поверхні твердого тіла адсорбатом.

Ця схема узагальнює все різноманіття адсорбційних систем для різних типів адсорбатів і адсорбентів. Молекули адсорбенту, наближаючись з об'єму газу чи розчину до поверхні розподілу фаз, піддаються притяганню з боку цієї поверхні, при зіткненні з нею притягання врівноважується відштовхуванням, у результаті чого поверхня адсорбенту покривається тонким (адсорбційним) шаром молекул адсорбату.

Залежно від природи адсорбційних сил розрізняють фізичну адсорбцію і хімічну чи хемосорбцію.

При фізичній адсорбції молекули адсорбату зберігають свою індивідуальність, при хімічній вони утворюють поверхневу хімічну сполуку з адсорбентом.

Величина адсорбції розчиненої речовини на твердому адсорбенті визначається різницею між початковою концентрацією розчину і концентрацією, що встановлюється при досягненні адсорбційної рівноваги.

Кількісне вираження адсорбції характеризує кілька величин:

a , моль/м, – кількість адсорбтиву в об'ємі адсорбційного шару, що припадає на одиницю маси адсорбенту;

α , моль/м² і моль/см², – кількість адсорбованої речовини на одиницю поверхні адсорбенту, тобто поверхнева концентрація адсорбтиву.

Для характеристики адсорбції слугують в основному ізотерми, що виражають залежність кількості адсорбованої речовини від рівноважного тиску чи концентрації при постійній температурі (рис. 8.1):

$$a = f(p) \text{ чи } a = f(C) \text{ при } T = \text{const.}$$

Як видно з рис. 8.1, ізотерми мають три ділянки: початкову, що різко піднімається вгору і показує, що при малих тисках (чи концентраціях) адсорбція практично пропорційна цим величинам; середня відповідає проміжним ступеням заповнення поверхні і, нарешті, остання йде майже горизонтально і відповідає поверхні адсорбенту, що повністю насичена адсорбтивом.

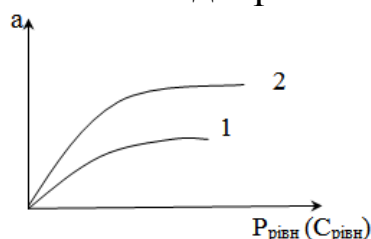


Рис. 4.1. Ізотерми адсорбції при різних температурах:

1 – при температурі T_1 ; 2 – при температурі T_2 ($T_1 > T_2$)

Теорія мономолекулярної адсорбції була запропонована в 1915 р. американським вченим І. Ленгмюром, що використовував уявлення про адсорбційні сили, що вперше були висунуті дослідником Л.Г. Гуровичем.

Сутність теорії мономолекулярної адсорбції Ленгмюра полягає в наступному. Адсорбція молекул адсорбтива відбувається на активних центрах поверхні адсорбенту, що являють собою піки й увзишся, що є в наявності на будь-якій поверхні, у тому числі і на тій, котра практично є гладкою і тонко відполірованою.

У результаті великої насиченості силового поля біля цих піків, навіть якщо висота їх не перевищує $3 \cdot 10^{-7}$ см, ці ділянки утримують молекули газу, причому активність кожного такого центру тим вище, чим менше молекул адсорбату на його поверхні. Внаслідок малого радіуса дії адсорбційних сил, що мають природу, близьку до хімічної, кожен активний центр поверхні адсорбенту здатний адсорбувати лише одну молекулу, тому на поверхні адсорбенту може утворитися лише мономолекулярний шар адсорбтива. Адсорбовані молекули утримуються активними центрами лише протягом визначеного проміжка часу, що при низьких температурах може бути дуже великим. При цьому час перебування молекул адсорбенту на активних центрах не залежить (за теорією Ленгмюра) від взаємодії між адсорбованими молекулами.

Відомі випадки, коли зв'язування адсорбтива з адсорбентом не припиняється після утворення мономолекулярного шару, тому можливі ізотерми адсорбції, що не мають ділянки, майже паралельної осі тисків, що відповідає насиченню поверхні адсорбенту молекулами адсорбтива (рис. 4.2.). Пояснення цьому дає полімолекулярна, чи, як її називають, потенційна теорія Поляні. Ця теорія була висунута майже одночасно з теорією Ленгмюра, але заснована на зовсім інших уявленнях.

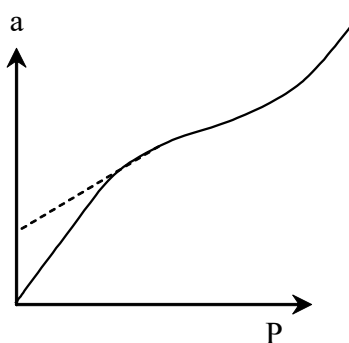


Рис. 4.2. Вигляд ізотерми адсорбції, що характерна для полімолекулярної адсорбції

Поляні, на відміну від Ленгмюра, розглядає нелокалізовану фізичну адсорбцію. Він вважає, що адсорбційні сили діють поблизу поверхні адсорбенту, утворюючи біля цієї поверхні з боку газової фази безупинне силове поле. Дія адсорбованих сил поширюється на порівняно великі відстані (більші, ніж розміри окремих молекул адсорбтиву), внаслідок чого можна говорити про існування на поверхні адсорбенту адсорбційного об'єму, що заповнюється

молекулами адсорбтиву. При цьому поверхня адсорбенту може притягувати дану молекулу незалежно від наявності в адсорбційному просторі інших молекул, тобто можлива полімолекулярна адсорбція.

Особливе місце займає адсорбція високомолекулярних речовин. Основна відмінність адсорбції макромолекул від адсорбції низькомолекулярних речовин полягає в тому, що внаслідок великої макромолекулярної маси і гнучкості полімерного ланцюга, з поверхнею адсорбенту ніколи не зв'язуються цілком всі активні у відношенні адсорбції групи чи сегменти макромолекул. У результаті конформаційних обмежень, викликаних поверхнею, і статистичних конформацій макромолекулярних клубків у розчині, полімерний ланцюг зв'язується з поверхнею тільки частиною сегментів.

Таким чином, частина сегментів полімерного ланцюга "викладається" на поверхні, а інша частина простирається в об'єм розчину у вигляді петель різної конфігурації чи вільних кінців. У результаті неповного зв'язування сегментів макромолекули поблизу границі розподілу виникає приповерхневий шар розчину полімеру, у якому концентрація полімеру перевищує середню концентрацію полімеру в об'ємі.

При малій рівноважній концентрації розчинів після первинного зв'язування статичного клубка в одній точці, внаслідок гнучкості ланцюга і теплового руху макромолекули можливе збільшення числа контактів ланцюга з поверхнею і "розпластання" (рис. 4.3).

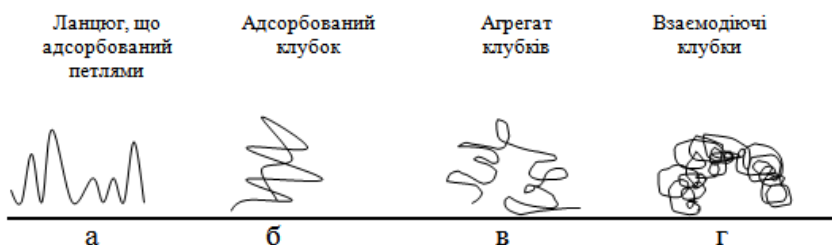


Рис. 4.3. Схема адсорбції молекул полімеру з розведених (а, б) і концентрованих (в, г) розчинів

При високій концентрації відбувається зміна умов взаємодії з поверхнею, внаслідок чого відбувається перехід від адсорбції молекул до адсорбції послідовно зв'язаних сегментів. При цьому товщина адсорбційного шару і конформація молекул визначаються числом точок контакту з поверхнею.

По мірі збільшення концентрації розчину структура адсорбційного шару перебудовується і змінюється конформація адсорбованих молекул. При насиченні поверхні адсорбційний шар буде утворений статично згорнутими клубками. З представленої схеми випливає, що збільшення концентрації приводить до адсорбції макромолекул у вигляді статичних клубків. По мірі заповнення поверхні з'являються бічні міжмолекулярні взаємодії між клубками, що приводять до стискання клубка і товщини адсорбційного шару.

Прояв міжмолекулярної взаємодії між адсорбованими молекулами і його вплив на конформацію адсорбованих ланцюгів і товщину шару, є специфічною особливістю адсорбції полімеру, що відрізняє її від адсорбції низькомолекулярних речовин.

Подальше зростання концентрації ($\approx 10^{-2}$ г/см³) веде до адсорбції агрегатів макромолекул, внаслідок чого для полімерів вводиться поняття про агрегативний механізм адсорбції.

Ізотерми адсорбції полімерів відрізняються від таких для низькомолекулярних сполук.

Ізотерми характеризуються відсутністю області насичення і проходженням через максимум зі зростанням концентрації полімеру в розчині. При цьому величини адсорбції перевищують експериментально обчислені на підставі уявлення про мономолекулярну адсорбцію ізольованих клубків.

За допомогою уявлень про агрегативний механізм адсорбції пояснено експериментальні ізотерми адсорбції, типовий вигляд яких наведено на рис. 4.4.

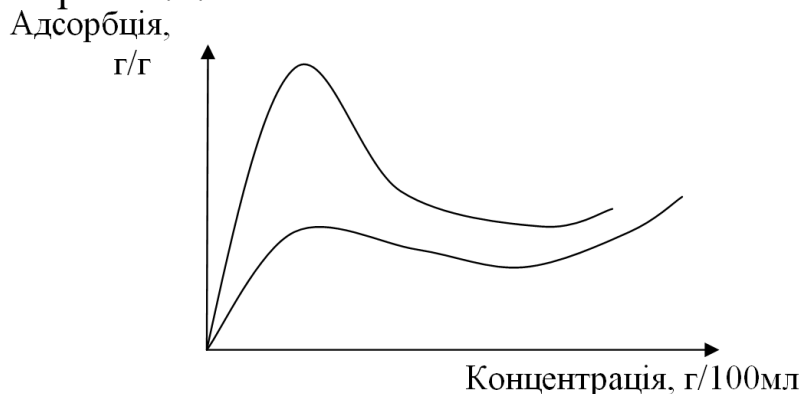


Рис. 4.4. Ізотерми адсорбції полімеру

При адсорбції низькомолекулярних речовин відбувається адсорбція частинок постійної форми і розміру, а при адсорбції полімерів, залежно від концентрації розчину, відбувається

безупинна зміна конформацій макромолекул і ступеня агрегації. Структура частинок, що адсорбуються, відбивається на структурі адсорбційного шару.

Розчинник при адсорбції з помірно концентрованих розчинів відіграє протилежну роль у порівнянні з адсорбцією з розведених розчинів. З помірно концентрованих розчинів у гарних розчинниках адсорбція вище.

Таким чином, основні особливості адсорбції з концентрованих розчинів – великі величини адсорбції, наявність максимумів на ізотермах адсорбції й інверсія впливу природи розчинника.

У даний час для дослідження кінетики адсорбції полімерів застосовують різноманітні методи, що у більшості випадків аналогічні методам дослідження адсорбції низькомолекулярних речовин.

Найбільш простий і розповсюджений метод полягає в суміщенні наважки адсорбенту з визначеним об'ємом розчину полімеру відомої концентрації. Адсорбційну систему поміщають у термостат і витримують там визначений час (найчастіше до встановлення рівноваги).

Величину адсорбції визначають за зміною концентрації розчину. Для вимірювання концентрації розчинів використовують ваговий метод, нефелометрію, ІЧ- і УФ-спектроскопію, віскозиметрію й ін.

Експериментальна частина

1. Дослідження процесу адсорбції полімеру з розчину твердим тілом.

1). Готують розчин полімеру заданої концентрації.

2). До врівноважених торсійних терезів прикріплюють зразок твердого тіла масою до 0,1 г ($m_{\text{тк}}$).

3). Зразок поміщають у кювету з розчином полімеру і через 5 секунд за шкалою терезів визначають величину приросту маси твердого тіла. Величина, що визначається за шкалою терезів відповідає адсорбції полімеру разом з розчинником ($m_{\text{тк+п+р}}$).

4). Для обчислення сорбції полімеру зразок висушують і знову зважують, визначаючи масу твердого тіла з адсорбованим полімером ($m_{\text{тк+п}}$).

5). Величину адсорбції розраховують як:

$$A = \frac{m_{mk+n} - m_{mk}}{m_{mk}} = \frac{m_n}{m_{mk}}; [\varepsilon/\varepsilon] \quad (4.1)$$

6). Будують кінетичну криву сорбції, виконуючи пункти 2-5 відповідно для 10, 15, 20, 30, 60 і 90 секунд. Кінетичну криву будують як для адсорбції полімеру разом з розчинником, так і для адсорбції окремо полімеру. За кривими визначають вплив розчинника на адсорбцію полімеру з розчину.

7). Будують ізотерму сорбції, для чого визначають концентрацію полімеру в розчині до і після занурення зразка тканини.

У випадку використання розчину крохмалю, для визначення концентрації полімеру використовують фотокolorиметричний метод. При використанні інших полімерів застосовують віскозиметричний метод визначення концентрації полімеру в розчині.

Визначення концентрації крохмалю в розчині

Метод заснований на вимірюванні інтенсивності забарвлення розчину крохмалю при якісній реакції з йодом. Інтенсивність забарвлення розчину буде залежати від концентрації крохмалю.

Готують вихідний розчин крохмалю з концентрацією 10 г/дм³. Потім шляхом розведення з цього розчину готують 5-8 калібрувальних розчинів концентрацією 1-10 г/дм³. (Необхідно, щоб концентрація досліджуваного розчину знаходилася в межах калібрувальних концентрацій.)

З кожного розчину відбирають по 0,5 см³ проби, переносять у мірну колбу на 25 см³, доливають 20 см³ дистильованої води, потім додають 1 см³ 0,01н розчину іоду, доводять до мітки водою і ретельно перемішують.

Вимірюють оптичну густину розчинів на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі $\lambda = 540$ нм у кюветі товщиною 0,5см. Розчин порівняння – дистильована вода.

Будують графік залежності оптичної густини від концентрації крохмалю при заданій довжині хвилі $D = f(C)$.

З досліджуваного розчину відбирають 0,5 см³ проби, переносять у мірну колбу на 25 см³, доливають 20 см³

дистильованої води, 1мл 0,01н розчину іоду, доводять до мітки водою і ретельно перемішують.

Вимірюють оптичну густину розчину на фотоелектроколориметрі.

За графіком знаходять концентрацію крохмалю в досліджуваному розчині.

Визначення концентрації полімеру в розчині віскозиметричним методом

З експериментальної залежності в'язкості розчину полімеру від його концентрації можна з достатньою точністю і досить простим способом визначити концентрацію полімеру в досліджуваному розчині.

Для визначення концентрації полімеру в розчині достатньо одержати залежність швидкості витікання розчину через віскозиметр від концентрації.

Для побудови калібрувального графіка готують розчин полімеру і розведенням цього розчину одержують 8-10 розчинів проміжних концентрацій. (Необхідно, щоб концентрація досліджуваного розчину знаходилася в межах калібрувальних концентрацій).

Вимірюють час витікання води τ_0 за допомогою капілярного віскозиметра: при проходженні рівня рідини через верхню мітку включають секундомір, при проходженні його через нижню мітку секундомір виключають.

Вимірювання часу витікання проводять кілька разів, отримуючи розбіжності у вимірюваннях не більше 0,5 секунд.

Вимірюють час витікання каліброваних розчинів τ_i , починаючи із найбільш розведеного розчину.

Переходячи до розчину більш високої концентрації варто ретельно промити віскозиметр водою і досліджуваним розчином.

Після проведення усіх вимірювань будують графік залежності $\tau = f(C)$.

Для визначення концентрації досліджуваного розчину вимірюють час його витікання через капіляр і за графіком визначають концентрацію полімеру.

Контрольні питання

1. Поняття «адсорбція».
2. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Будова мономолекулярного шару.
3. Теорія полімолекулярної адсорбції.
4. Адсорбція на межі поділу тверде тіло-газ і тверде тіло-розчин. Експериментальне визначення адсорбції на цих межах поділу.
5. Фактори, що впливають на адсорбцію газів і розчинених речовин.

Лабораторна робота № 5

Тема: Коагуляція золів

Мета: дослідити процес коагуляції золів під впливом електролітів.

Теоретичні відомості

Стійкість – це здатність системи певний час зберігати незмінною свою структуру, тобто розміри частинок та їх рівномірний розподіл в об'ємі системи.

Розмежують стійкість седиментаційну (кінетичну) і агрегативну. Ці два види стійкості різняться за своїм механізмом і вимагають різних підходів до розгляду.

Седиментаційна стійкість – це здатність дисперсної системи зберігати незмінним у часі розподіл частинок в об'ємі системи, тобто здатність системи протидіяти силі тяжіння.

Агрегативна стійкість – це здатність системи зберігати незмінним у часі ступінь дисперсності частинок, тобто їх розміри.

При порушенні агрегативної стійкості має місце коагуляція. **Коагуляцією називається процес злипання частинок з утворенням крупних агрегатів.** В результаті коагуляції система втрачає седиментаційну стійкість.

На коагуляцію впливають:

- зміни температури;
- дія електричних і електромагнітних полів;
- дія світла;
- механічна дія;
- електроліти та ін.

Правила коагуляції

1. Усі сильні електроліти викликають коагуляцію. Мінімальна концентрація електроліту, при якій починається коагуляція, називається **порогом коагуляції**. Чим менше поріг коагуляції, тим більша коагулююча здатність електроліту.

2. Коагулюючою дією володіє не весь електроліт, а тільки іон, знак якого співпадає зі знаком протиіону міцели ліофобного золю, його називають іон – **коагулянт**.

3. Коагулююча здатність іону – коагулянту тим більше, чим більше заряд іона.

Ця закономірність кількісно описується правилом Шульце-Гарді:

$$C_k = \alpha \left(\frac{1}{Z^6} \right),$$

де C_k – концентрація електроліту (поріг коагуляції),

α – стала для даної системи,

Z – заряд іону коагулянту.

4. При однаковій зарядності іонів, їх дія знижується зі збільшенням ступеня гідратації. Під дією електроліту може виникнути концентраційна або нейтралізаційна коагуляція.

Концентраційна коагуляція виникає під дією індиферентного електроліту внаслідок стискання дифузного шару протиіонів і зменшення ζ -потенціалу.

Нейтралізаційна коагуляція виникає при введенні неіндиферентного електроліту, який зв'язує потенціаловизначаючі іони, що веде до зменшення абсолютних величин термодинамічного і електрокінетичного потенціалу.

Щоб запобігти агрегації золів та захистити їх від коагулюючої дії електролітів, використовують розчини високомолекулярних сполук (ВМС) та колоїдних поверхнево-активних речовин (ПАР). Цей процес запобігання коагуляції називається **колоїдним захистом золів**. Стабілізуюча дія ВМС та ПАР ґрунтується на утворенні на поверхні частинок дисперсної фази адсорбційних желеподібних плівок, що призводить як до зменшення міжфазного натягу, так і до виникнення структурно-механічного поверхневого шару.

Експериментальна частина

1. Коагуляція гідрозолу ферум (III) хлориду.

У три колби додають по 5 см³ свіжовиготовленого гідрозолу ферум (III) хлориду. Вміст першої колби титрують із бюретки розчином натрій хлориду (5 н) до помутніння розчину, визначаючи об'єм NaCl, у другій колбі колоїдний розчин титрують натрій сульфатом (0,01 н) і в третій колбі розчин титрують K₄[Fe(CN)₆]₃ (0,001 н).

Результати титрування записують у зошит і обчислюють поріг коагуляції за формулою:

$$C = N_{ел} \cdot V_{ел} \cdot 1000 / (V_з + V_{ел}), \text{ ммоль/дм}^3,$$

де $N_{ел}$ – нормальність електроліту,

$V_{ел}$ – об'єм електроліту, що пішов на титрування,

$V_з$ – об'єм золю.

2. Коагуляція мінерального та органічного колоїду амоній сульфатом.

У дві пробірки додають по 5 см³ гідрозолу ферум (III) хлориду та золю білка. Вміст кожної пробірки титрують із бюретки концентрованим розчином амоній сульфату.

В процесі титрування встановлюють, що для коагуляції органічного колоїду потрібно значно більше електроліту, ніж для коагуляції мінерального колоїду.

Якщо після коагуляції колоїдів у кожну із пробірок додати по 5-10 см³ води, то в пробірці з білком зкоагульований колоїд переходить у розчинений стан, і розчин знову стає прозорим.

Додавання такої ж кількості води до зкоагульованого мінерального колоїду не приводить до його розчинення – розчин залишається мутним. Таким чином, осадження мінеральних колоїдів амоній сульфатом – незворотний процес, тоді як осадження органічного колоїду – зворотний. Пояснити чому.

Контрольні питання

1. Що таке коагуляція та седиментація колоїдних частинок?
2. Які причини коагуляції колоїдних розчинів? Види коагуляції.
3. Від чого залежить стійкість колоїдних частинок?
4. Які види стійкості колоїдних частинок відомі?
5. Що таке поріг коагуляції? Правило Шульце-Гарді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гомонай В. І. Фізична та колоїдна хімія : підручник. Вид. 3-тє. Вінниця : Нова Книга, 2014. 496 с.
2. Буденкова Н. М., Яцков М. В. Фізична хімія та хімія силікатів : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2015. 188 с.
3. Самойленко С. О., Отрошко Н. О., Аксьонова О. Ф., Добровольська В. О. Фізична та колоїдна хімія. Харків : Світ Книг, 2018. 340 с.
4. Чумак В. Л., Іванов С. В., Максимюк М. Р. Колоїдна хімія : підручник. Київ : НАУ, 2017. 455 с.
5. Волошинець В. А. Фізична та колоїдна хімія : фізико-хімія дисперсних систем та полімерів. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 200 с.

Навчально-методичне видання

**ХІМІЯ (ФІЗИЧНА ТА КОЛОЇДНА)
РОЗДІЛ «РОЗЧИНИ. ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА.
КОЛОЇДНІ СИСТЕМИ»**

Методичні рекомендації

Укладач: **Качук Дар'я Сергіївна**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,75.

Тираж 12 прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Г. Гонгадзе, 9.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.

