

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

**Факультет агротехнологій**

Кафедра ґрунтознавства та агрохімії

**БІОХІМІЯ ТВАРИН З ОСНОВАМИ ФІЗИЧНОЇ ТА КОЛОЇДНОЇ  
ХІМІЇ**

**Розділ «Основи фізичної та колоїдної хімії»**

**Методичні рекомендації**

до виконання лабораторних робіт

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Магістр»  
спеціальності 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»  
денної форми навчання

Миколаїв  
2021

УДК 544+577.1

Б63

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від «23» квітня 2021 р., протокол № 8.

Укладачі:

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

Я. В. Діордіца – асистент кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

О. О. Венгер – канд. техн. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності, Херсонський національний технічний університет;

Р. О. Трибрат – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри технології виробництва продукції тваринництва, Миколаївський національний аграрний університет.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ. ЛАБОРАТОРНИЙ ПОСУД ТА ДОПОМІЖНЕ ПРИЛАДДЯ.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. Поверхневий натяг і методи його визначення.....	16
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. Потенціометричне визначення рН розчину.....	24
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. Буферні розчини.....	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. Вплив розчинів з різним осмотичним тиском на клітини .....	32
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. Способи одержання та властивості колоїдних розчинів.....	36
ЛІТЕРАТУРА.....	45

## ВСТУП

Біохімія тварин з основами фізичної та колоїдної хімії є однією із найбільш важливих дисциплін у системі підготовки студентів аграрного профілю за спеціальністю 212 – «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза».

В процесі виконання лабораторних робіт закріплюються теоретичні знання з дисципліни, студент оволодіває фізико-хімічним підходом до тих систем, які будуть в майбутньому складати предмет його роботи, отримує навички оцінки властивостей систем в практичних умовах, навчається оцінювати результати досліджень, узагальнювати практичні дані і робити висновки, оволодіває основними методиками вимірювань показників фізико-хімічних характеристик систем, які досліджуються.

Лабораторні роботи мають дослідницький характер.

У методичних рекомендаціях для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Біохімія тварин з основами фізичної та колоїдної хімії» розділу «Основи фізичної та колоїдної хімії» завданням передують об'ємний теоретичний матеріал.

Повному оволодінню матеріалом розділу біохімії тварин з основами фізичної та колоїдної хімії «Основи фізичної та колоїдної хімії» 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.

Таким чином, виконання лабораторного практикуму на лабораторних заняттях дає можливість здобувачу вищої освіти успішно підготуватися до екзаменів, свідомо набути практичних навиків, які допоможуть йому при вивченні наступних дисциплін і у подальшій професійній діяльності.

# 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 Ерленмейєра). 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 Ерленмейєра 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.

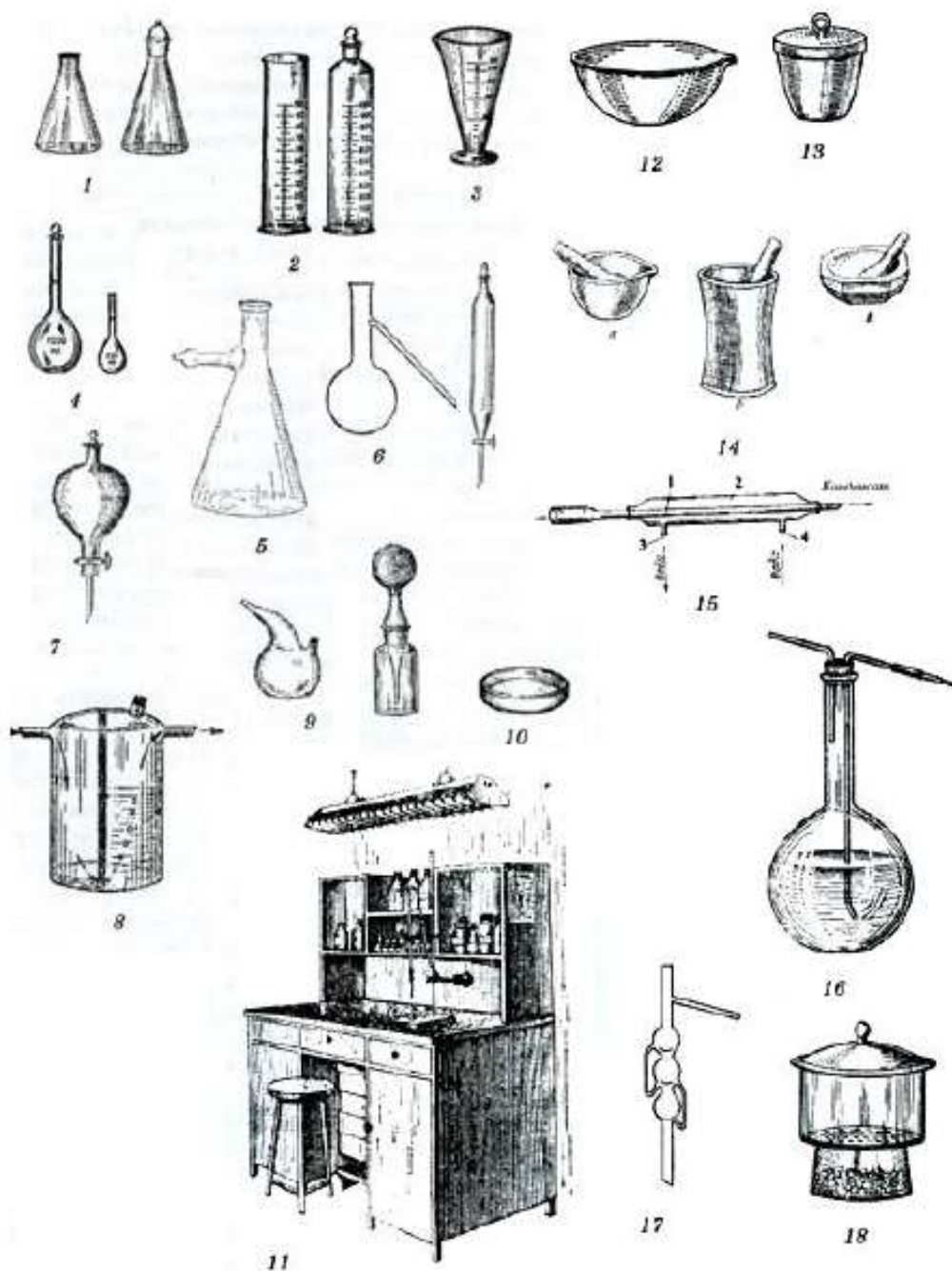
*Мірні циліндри* не призначені для точного вимірювання об'ємів. Їх використовують для приготування розчинів приблизної концентрації.

*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 Ерленмейєра; 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 трохи послаблюють натискання 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 покриткою. 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 покриткою. 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  $\text{CaCl}_2$ , рідше –  $\text{P}_2\text{O}_5$  або концентровану  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Притерті поверхні ексикатора та покритки 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, круглодонних, колбах Ерленмейєра, 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 парою 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 (ідким 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 гідрокарбонату, 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. Працуйте 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. Працуйте 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.

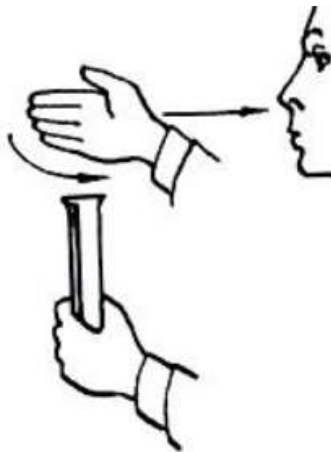
13. Не заглядайте в пробірку, в якій нагрівається рідина, і не нахиляйтеся над посудиною, в яку наливається будь-яка рідина (особливо їдка), щоб непомітні бризки не потрапили в очі (мал. 4).

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

### Поверхневий натяг і методи його визначення

**Мета роботи** – опанування методами визначення поверхневого натягу й визначення впливу ряду факторів на поверхневий натяг: температури, розчинників, поверхнево-активних речовин.

#### Теоретична частина

При збільшенні поверхні, наприклад, при розтягуванні рідкої плівки, деяке число молекул з внутрішніх областей рідини переходить на поверхню. Цей перехід молекул з рівноважного стану в особливий стан молекул поверхневого шару вимагає витрат зовнішньої роботи.

Робота, що витрачається на збільшення площі поверхні рідини, переходить у потенційну енергію молекул поверхневого шару – поверхневу енергію  $G$ .

Поверхнева енергія, віднесена до одиниці площі  $S$ , називається поверхневим натягом (ПН) ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \frac{G}{S} \quad (1.1)$$

Таким чином можна вважати, що поверхневий натяг визначається роботою створення одиниці поверхні.

Поверхневий натяг можна розглядати як некомпенсовану поверхневу енергію, яка є прямим проявом міжмолекулярних взаємодій. Так, молекули, що знаходяться на поверхні рідини або твердого тіла зазнають впливу невірноважених молекулярних сил, внаслідок чого набувають додаткової енергії у порівнянні з молекулами, що знаходяться всередині рідини або твердого тіла. Проявляє себе поверхнева енергія як сила, що прагне зменшити площу поверхні до мінімально можливої.

Одиниці вимірювання поверхневого натягу: дін/см, мН/м, мДж/м<sup>2</sup>.

Існує безліч різних методів визначення ПН, кожний з яких має як свої переваги, так і недоліки, свої труднощі й обмеження, тому в кожному окремому випадку повинно бути наведене обґрунтування застосування конкретного методу і ступінь точності вимірювання, що коливається від 0,01 мН/м до 0,001 мН/м.



У зв'язку з цим дотепер методи дослідження ПН не стандартизовані.

Вибір методу для визначення ПН є компромісом між точністю, легкістю визначення і придатністю результатів.

Усі методи визначення ПН поділяються на статичні і динамічні.

В перших поверхня знаходиться в рівновазі і нерухома в момент вимірювання (не руйнується в момент вимірювання). До статичних методів відносяться методи підняття в капілярі; пластинки, що втягується; висячої і лежачої краплі.

В динамічних методах поверхня розділу фаз, що вимірюється, або руйнується, або рухається. До таких відносяться методи відриву кільця, рахування крапель, максимального тиску пухирця й інші.

Нижче наведено коротку характеристику методів, що найбільш часто застосовуються для визначення ПН.

### Статичні методи

**Метод підняття в капілярі.** Метод заснований на капілярних ефектах, тобто на здатності рідини втягуватися в капіляр або виштовхуватися з капіляра. Рідина, що змочує капіляр, піднімається в капілярі на висоту  $h$ .

Даний метод можна використовувати для вимірювання міжфазного натягу на межі двох рідин.

**Метод пластинки, що втягується (метод Вільгельмі).** Метод полягає у вимірюванні сили, що втягує вертикальну пластинку в рідину.

**Метод лежачої і висячої краплі.** В основі цих методів лежить визначення форми краплі, що лежить на пластинці, чи підвішеної до кінця капіляра. За допомогою мікроскопа з окулярною сіткою визначають форму і розмір краплі, за якими розраховують поверхневий натяг. Можна фотографувати краплю і за фотографією визначати необхідні для розрахунку параметри.

### Динамічні методи

**Метод максимального тиску пухирця (метод Кантора, Ребіндера).** Суть його полягає в тому, що через капіляр, опущений у досліджувану рідину, продуваються бульбашки повітря чи пропускаються краплі іншої рідини і вимірюється перепад тиску  $\Delta P$

при відриві бульбашки. Бульбашка відривається, коли тиск у ній більше суми гідростатичного тиску і тиску, що створений поверхневим натягом.

**Метод відриву кільця (метод Дю Нуї).** Цей метод рекомендований Міжнародною комісією з оцінки властивостей поверхнево-активних речовин (СІЕ) у якості стандартного. В основі методу лежить визначення сили, необхідної для відриву рідини, що змочила кільце, від поверхні рідини.

Сила відриву дорівнює:

$$W = 2 \cdot \pi \cdot (r_{вн} - r_{зов}) \cdot \sigma \quad (1.2)$$

або

$$W = 4 \cdot \pi \cdot r_{cp} \cdot \sigma$$

звідки

$$\sigma = \frac{(m_{відр} - m_{\kappa})g}{4\pi r_{cp}} \quad (1.3)$$

де  $r_{вн}, r_{зов}, r_{cp}$  – внутрішній, зовнішній і середній радіуси кільця;

$m_{\kappa}, m_{відр}$  – маса кільця і маса, що фіксується при відриві кільця.

На практиці застосовується простий порівняльний метод, при якому характеристики випробуваної рідини порівнюються з відомими поверхневим натягом і силою відриву стандартної рідини. Розрахунок ПН ведеться за формулою:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{cm} \cdot W_x}{W_{cm}}; \quad (1.4)$$

де  $W_{cm}, W_x$  – сила відриву кільця від стандартної рідини і від досліджуваної;

$\sigma_{cm}$  – поверхневий натяг стандартної рідини.

Силу, що необхідна для відриву кільця, рекомендується визначати за допомогою приладу для визначення поверхневого натягу зі шкалою на 1 г (рис. 1.1).

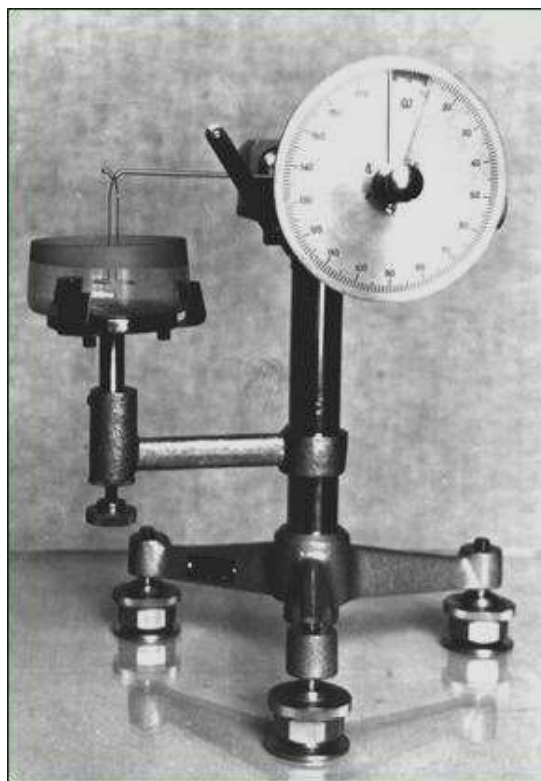


Рис. 1.1. Прилад для визначення поверхневого натягу за методом відриву кільця Дю Нуї.

На рис. 1.1 показано прилад для визначення поверхневого натягу за методом Дю Нуї. Кільце, виготовлене з дроту, масою трохи більше 0,5 г повинно бути з гачком для підвішування до коромисла ваг. Досліджувану рідину наливають у широку з низькими бортами посудину, встановлену на вертикальній підставці, що закріплена в штативі. Кільце підвішують до коромисла ваг і врівноважують поворотом важеля ваг. Потім на коромисло ваг підвішують додатковий вантаж, маса якого в сумі з масою кільця повинна бути трохи більше 1 г – при такому навантаженні коромисло опускається до межі. Столик із посудиною піднімають до зіткнення поверхні рідини з кільцем і знімають з коромисла ваг додатковий вантаж. Після цього кільце буде утримуватися на поверхні рідини лише силами поверхневого натягу. Далі важіль ваг повільно повертають, поки кільце не відірветься від поверхні рідини.

Силу відриву кільця вимірюють кілька разів; перед кожним новим вимірюванням кільце варто обтерти фільтрувальним папером. Для одержання правильних результатів необхідно, щоб площина кільця була строго горизонтальна.

**Метод рахування крапель (сталагмометричний метод, метод Харкінса).** В основі методу лежить визначення маси краплі, що відривається від капіляра й утримується силами поверхневого натягу.

Сталагмометр являє собою калібровану бюретку, що закінчується товстостінним капіляром з відшліфованим кінцем, що особливо важливо, тому що капіляр повинен рівномірно змочуватися рідиною (рис. 1.2).

Теоретично сила відриву виражається рівнянням:

$$W = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma; \quad (1.5)$$

де  $r$  – радіус капіляра.

На практиці спостерігається відхилення від зазначеної залежності через ряд причин: відрив краплі супроводжується відривом маленької краплі-супутника (кулька Плато); відрив відбувається не по радіусу капіляра, а спочатку витягується шийка і т.д.

Перед початком роботи сталагмометр промивають хромовою сумішшю, потім ретельно промивають водою.

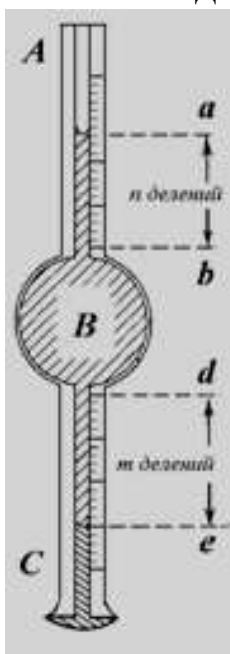


Рис. 1.2. Сталагмометр.

При проведенні вимірювань поверхневого натягу води і водних розчинів після промивання сталагмометр можна не сушити. В усіх випадках перед вимірюванням сталагмометр промивають не менше трьох разів розчином, що досліджується. Якщо розчини мають різну концентрацію, то спочатку досліджують розведені розчини, а потім більш концентровані.

Зазвичай для визначення поверхневого натягу досліджуваного розчину використовують стандартну рідину з відомим поверхневим натягом: для водних розчинів – воду (поверхневий натяг води при 20 °С – 72,8 мН/м).

При кожному дослідженні спочатку підраховують число крапель води, що утворюються з її об'єму між мітками сталагмометра, а потім число крапель досліджуваних розчинів (середнє з 5-6 визначень).

При підрахунку крапель необхідно уникати струсів, поштовхів, коливань повітря і змін температури розчину.

Величина поверхневого натягу  $\sigma$  визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{72,8 \cdot n_B}{n}; \quad (1.6)$$

де  $n_B$  – число крапель води при витіканні її зі сталагмометру;

$n$  – число крапель розчину, що досліджується, при його витіканні зі сталагмометру.

Після кожного визначення кількості крапель розчину ПАР, необхідне ретельне очищення капіляру, інакше відбувається відрив рідини безпосередньо від капіляра, а не від рідини і результат виходить невірний.

### Експериментальна частина

1. Приготувати серію розчинів ПАР різної концентрації: від 0,1 г/дм<sup>3</sup> до 3 г/дм<sup>3</sup>.

2. Визначити ПН заданих розчинів методом, зазначеним викладачем, при температурі 20 °С не менше п'яти разів.

### Розрахунки

1. Побудувати ізотерму ПН розчинів ПАР в координатах  $\sigma = f(C)$  (рис. 1.3) і визначити показники, які використовуються як фізико-хімічні критерії оцінки ПАР ( $\Delta\sigma$ , ККМ).

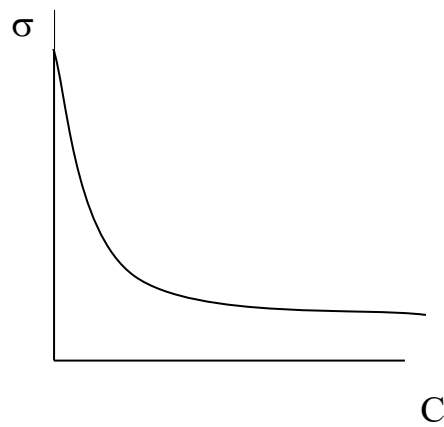


Рис. 1.3. Ізотерма поверхневого натягу.

Для оцінки ККМ залежність  $\sigma = f(C)$  представляють в напівлогарифмічних координатах, тобто  $\sigma = f(\ln C)$  (рис. 1.4).

За ізотермою поверхневого натягу в напівлогарифмічних координатах знаходять:

- максимальне зниження поверхневого натягу  $\sigma_m$  (перехід від криволінійної до прямолінійної ділянки ізотерми);
- ККМ – критичну концентрацію міцелоутворення (перехід від похилої ділянки до горизонтальної).

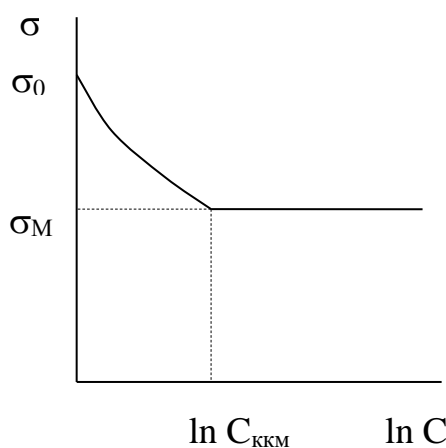


Рис. 1.4. Ізотерма поверхневого натягу в напівлогарифмічних координатах.

3. Порівняти ступінь точності оцінки ПН розчинів методами Дю Нуї і рахування крапель.

4. Здійснити порівняльну оцінку ефективності заданих ПАР.

Зміна поверхневого натягу  $\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma$  (де  $\sigma$  і  $\sigma_0$  – поверхневий натяг системи з ПАР і без ПАР) може слугувати оцінкою диспергуючої дії ПАР: зі зниженням ПН полегшується диспергування гетерогенних систем. При деяких концентраціях досягається межа

розчинності  $C_p$  (у випадку колоїдних ПАР  $C_p = KKM$ ) і поверхневий натяг більше не знижується. Отже, максимальний питомий ефект, що може бути досягнутий, складає  $\frac{\Delta\sigma}{C_p}$ . Зазначений показник

використовується для оцінки властивостей дисперсних систем, ефекту Ребіндера, емульгування, піноутворення, флотації, відмивання забруднень, нафтовіддачі.

4. Зробіть висновки.

### ***Контрольні питання і задачі***

1. Дайте визначення поняттю «поверхневий натяг».
2. Яка залежність між поверхневим натягом та міжмолекулярними зв'язками?
3. Які існують методи визначення поверхневого натягу?
4. Поясніть, чому поверхневий натяг можна розглядати як некомпенсовану поверхневу енергію.
5. Побудуйте ізотерму поверхневого натягу.

## Лабораторна робота № 2

### Потенціометричне визначення рН розчину

**Мета роботи** – визначити водневий показник питних продуктів харчування за допомогою рН-метра (потенціометрією); проаналізувати їх придатність до вживання.

### Теоретична частина

**рН (водневий показник)** – величина, що показує міру активності іонів гідрогену ( $\text{H}^+$ ) в розчині, тобто ступінь кислотності або лужності цього розчину. Для розведених розчинів можна користуватись терміном «концентрація» замість «активність» у цьому визначенні.

рН обчислюється як від'ємний десятковий логарифм активності іонів  $\text{H}^+$  (або, точніше, для водних розчинів – іонів гідроксонію  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) і є безрозмірною величиною:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

За аналогією з ним було введено і **гідроксильний показник рОН:**

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-].$$

**Для води і розведених водних розчинів за умов постійної температури добуток концентрацій йонів гідрогену і гідроксид-іонів є величиною сталою:**

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} (22^\circ\text{C}),$$

де  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  – йонний добуток води.

Таке саме значення  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  при  $22^\circ\text{C}$  мають і розведені водні розчини кислот і основ.

При стандартних умовах значення рН лежить в межах від 0 до 14. Максимально можливе значення рН визначається як сума рН і рОН і дорівнює 14.

Із значення рН можна розрахувати рОН:

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}.$$

рН розчинів визначають за допомогою рН-метру. рН-метр – це електронний вимірювальний прилад. рН метр побудований із:

- 1) стандартного електроду (електрод порівняння) зі сталим значенням електродного потенціалу;
- 2) електроду визначення (індикаторний), потенціал якого залежить від концентрації (активності) йонів гідрогену;



3) безпосередньо вимірювального приладу, до якого приєднуються електроди.

Найбільшого поширення у вимірюванні рН як електрод порівняння набув хлоросрібний, а як індикаторний – скляний електрод з водневою функцією.

Скляний електрод складається зі скляного корпусу, який має мембрану кулястої форми, виготовлену зі спеціального електродного скла (натрієвого або літієвого). У корпусі електрода міститься розчин HCl з певною концентрацією йонів  $H_3O^+$ , у який занурений допоміжний хлоросрібний електрод.

### Експериментальна частина

1. Дістають іонселективний електрод з розчину, в якому він зберігається, ретельно промивають дистильованою водою, вставляють у штатив.

2. Калібрують рН-метр за допомогою буферних розчинів. Для цього наливають у стакан відповідний буферний (стандартний) розчин, опускають у нього електроди і фіксують значення рН. Якщо необхідно, коригують його за допомогою спеціального налаштування. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 0,05 одиниць рН.

Перед кожним зануренням у стандартний розчин електроди ретельно промивають дистильованою водою і обережно забирають залишок води з їх поверхні фільтрувальним папером.

3. Занурюють вимірювальний електрод у досліджуваний розчин, натискають кнопку Enter на значенні рН, чекають 1 хв. На екрані з'явиться виміряне значення рН розчину.

4. Ретельно промивають електрод дистильованою водою, витирають фільтрувальним папером.

5. Проводять дослідження наступного розчину.

6. Отримані результати занести до таблиці, обчисливши значення концентрацій іонів  $H^+$  і  $OH^-$ :

№ з/п	Вид продукту	pH <sub>експ</sub>	pH якісних продуктів	pOH	[H <sup>+</sup> ], моль/дм <sup>3</sup>	[OH <sup>-</sup> ], моль/дм <sup>3</sup>
1	Молоко		6,3-6,7			
2	Кефір		4,85-4,65			
3	Йогурти		4,0-4,3			

7. Враховуючи отримані дані зробити висновок щодо придатності до вживання питних продуктів харчування.

### ***Контрольні питання***

1. Дати визначення поняттю «йонний добуток води». Як його обчислюють?
2. Дати визначення поняттям «водневий» і «гідроксильний показники»? Як вони пов'язані між собою?

## Лабораторна робота № 3

### Буферні розчини

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

### Теоретична частина

*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/дм<sup>3</sup> або частіше в ммоль/дм<sup>3</sup> і обчислюється за такими формулами:

$$B_k = \frac{c(\frac{1}{2} \kappa - m_{\text{ли}}) \cdot V(\kappa - m_{\text{ли}})}{V(\text{буф. р - ну}) \cdot \Delta \text{рН}} \quad B_{\text{л}} = \frac{c(\frac{1}{2} \text{лугу}) \cdot V(\text{лугу})}{V(\text{буф. р - ну}) \cdot \Delta \text{рН}},$$

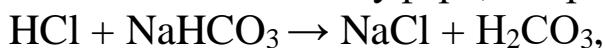
де  $B_k$  – буферна ємність за кислотою;

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

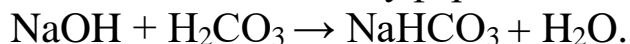
$\Delta \text{рН}$  – зміна рН буферної системи при додаванні кислоти (лугу);

$V(\text{буф. р-ну})$  – 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 (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). 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

### Дослід 1. Приготування буферних розчинів.

#### Матеріали і обладнання

0,1 н. розчин натрій ацетату	Пробірки
0,1 н. розчин оцтової кислоти	Скляна паличка
універсальний індикаторний папір	

**В и к о н а н н я.** рН буферного розчину залежить від природи речовин, що входять до складу буферної системи, і від їх співвідношення у розчині.

Нумерують шість пробірок. Додають 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
pH <sub>розрах</sub>	3,7	4,0	4,6	5,0	5,2	5,6
pH <sub>експ</sub>						

pH приготованих розчинів визначають універсальним індикаторним папером. Для вимірювання беруть смужку універсального індикаторного папірця і за допомогою скляної палички наносять краплю досліджуваного розчину на смужку.

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

## Дослід 2. Властивості буферних розчинів

### Матеріали і обладнання

0,1 н. розчин натрій гідроксиду	Колба
0,1 н. розчин хлоридної кислоти	Мірні піпетки
розчин оцтової кислоти	Пробірки
розчин натрій ацетату	Бюретки, закріплена в штативах
дистильована вода	Лійки
фенолфталеїн	Стакани
конго червоний	

**В и к о н а н н я.** У колбу відміряють 4 см<sup>3</sup> оцтової кислоти та 16 см<sup>3</sup> натрій ацетату. Вміст колби старанно перемішують. Нумерують чотири пробірки. У пробірки № 1 та № 3 відміряють по 5 см<sup>3</sup> приготованої буферної суміші, а в пробірки № 2 та № 4 по 5 см<sup>3</sup> дистильованої води. В пробірки № 1 та № 2 додають по 1 – 2 краплини фенолфталеїну та їх вміст титрують із бюретки лугом (0,1 н. NaOH), при цьому рахують краплі до появи малинового кольору. В пробірки № 3 і № 4 додають індикатор конго червоний і титрують кислотою (0,1 н HCl) до появи синього кольору, підраховуючи краплини.

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

### **Дослід 3. Вплив розведення на рН буферного розчину та буферну ємність**

#### *Матеріали і обладнання*

розчин оцтової кислоти	Колби
розчин натрій ацетату	Пробірки
розчин натрій гідроксиду	Бюретка, закріплена в штативі
дистильована вода	Лійка
універсальний індикаторний папір	Стакан
фенолфталеїн	Мірні пальчики
	Мірні піпетки

**В и к о н а н н я.** Беруть три колби. В кожну з них відміряють по 5 см<sup>3</sup> оцтової кислоти і по 5 см<sup>3</sup> натрій ацетату. Вміст колби № 1 залишають нерозведеним, вміст колби № 2 розводять у 2 рази, для чого до одержаної буферної суміші додають рівний об'єм води (10 см<sup>3</sup>), а вміст колби № 3 розбавляють у 4 рази, для чого до неї додають 30 см<sup>3</sup> води. Розчини в кожній колбі перемішують.

Нумерують три пробірки і в них відміряють по 2 см<sup>3</sup> буферних розчинів: нерозведеного, розведеного удвічі та розведеного у 4 рази. Потім рН кожного розчину визначають універсальним індикаторним папером.

Чи змінюється рН при розведенні буферного розчину?

Нумерують три пробірки і в них відповідно відміряють по 2 см<sup>3</sup> нерозведеного, розведеного вдвічі та розведеного в 4 рази буферних розчинів. У кожну пробірку додають по 2-3 краплі фенолфталеїну і титрують із бюретки лугом, підраховуючи краплі, до появи рожевого кольору.

Як впливає розведення на буферну ємність розчину?

### **Дослід 4. Буферна ємність біологічних рідин**

#### *Матеріали і обладнання*

біологічні рідини	Фарфорова чашка
розчин хлоридної кислоти	Пробірки
розчин натрій гідроксиду	Бюретки, закріплені в штативах

універсальний індикаторний  
папір  
фенолфталеїн  
конго червоний

Лійки  
Стакани  
Мірні пальчики  
Мірні піпетки

**В и к о н а н н я.** За допомогою універсального індикаторного паперу у фарфоровій чашці визначають рН досліджуваних біологічних рідин (усі вони мають приблизно нейтральну реакцію середовища ( $\text{pH} \approx 7$ )). Відміряють в окремі пробірки по  $5 \text{ см}^3$  досліджуваних рідин, у кожену з них додають по 2-3 краплі фенолфталеїну і титрують із бюретки лугом, підраховуючи краплі, до появи малинового кольору.

Результати записують у зошит.

Аналогічно перевіряють буферну ємність за кислотою, використовуючи індикатор конго червоний. Титрують до появи синього кольору.

По відношенню до яких сполук (кислота або луг) виражена більша буферна ємність у перевірених біологічних рідин?

### ***Контрольні питання і задачі***

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

## Лабораторна робота № 4

### Вплив розчинів з різним осмотичним тиском на клітини

**Мета роботи** – дослідження впливу розчинів з різним осмотичним тиском на стан еритроцитів та рослинних клітин.

### Теоретична частина

Осмо́с відіграє велику роль у фізіологічних процесах організму. Засвоєння їжі, обмін речовин тісно пов'язані із різною проникною здатністю клітинної мембрани для води та розчинених речовин. Мембрана має напівпроникні властивості.

**Осмо́с** (від грецьк. *ōsmos* – поштовх, тиск) – це одnobічна дифузія молекул води через напівпроникну мембрану з ділянки з низькою концентрацією розчиненої речовини в ділянки з більшою концентрацією. Осмос обумовлений прагненням системи до термодинамічної рівноваги і вирівнювання концентрацій розчину з обох сторін мембрани. Таким чином, будь-яка осмотична система припускає наявність мембрани, проникної у першу чергу для молекул води. Молекули розчинника при своєму русі, натрапляючи на напівпроникну перегородку, вільно проникають через неї, молекули розчиненої речовини перебувають у стані теплового руху, наштовхуються на напівпроникну перегородку, ударяються об неї, утворюючи при цьому певний тиск. Такий тиск називається осмотичним.

**Осмотичний тиск** – сила, що визначає рух розчинника через напівпроникну мембрану з менш концентрованого розчину в більш концентрований.

Показник осмотичного тиску визначається за рівнянням:

$$P = CRT,$$

де  $C$  – концентрація речовини,

$R$  – універсальна газова стала,

$T$  – температура.

Величина осмотичного тиску виражається в атмосферах або в міліметрах ртутного стовпчика.

В живих організмах осмотичний тиск регулює розподіл води між тканинами і клітинами.



**Онкотичний тиск** – це осмотичний тиск органічних речовин плазми.

У тваринному організмі плазматична напівпроникна мембрана здатна пропускати розчинник (воду) і не пропускати розчинені в ній речовини, зокрема, солі, концентрація яких як у плазмі, так і в клітинах однакова і складає близько 0,9 %. Таким чином, осмотичний тиск залежить від кількості неорганічних сполук, розчинених у рідинах.

Осмотичний тиск плазми крові в нормі складає 7,6 атм (5600 мм рт. ст., чи 745 кПа) і обумовлений, в основному, концентрацією NaCl. Розчини, що мають однаковий з плазмою осмотичний тиск, одержали назву фізіологічних чи **ізотонічних**. Ізотонічність розчинів має важливе значення для життєдіяльності клітин і, зокрема, для еритроцитів, у цитоплазмі яких кількість NaCl відповідає його вмісту в плазмі. Це вирівнює осмотичний тиск з обох боків мембрани і не приводить до руйнування еритроцитарної клітини, що виконує важливу функцію переносу газів.

Розчини, осмотичний тиск яких вищий (вміст натрій хлориду вищий 0,9 %), ніж у плазмі, належать до **гіпертонічних**, і в їхньому середовищі еритроцити будуть втрачати воду (зневоднюватися). До **гіпотонічних** розчинів належать розчини, осмотичний тиск яких, а отже і вміст NaCl, буде нижчим, ніж у плазмі. У цих розчинах еритроцити за рахунок поглинання води будуть набрякати аж до розриву мембрани (гемоліз) (рис. 4.1).

У рослинній клітині роль напівпроникної перетинки виконує вся цитоплазма, зокрема її граничні шари. Осмотичний тиск клітинного соку є регулятором пересування води по рослині, розподілу її між окремими органами. Цей тиск є основою тургору, завдяки якому ніжні, збагачені водою тканини рослини здатні зберігати певну форму, а також пружність і еластичність.

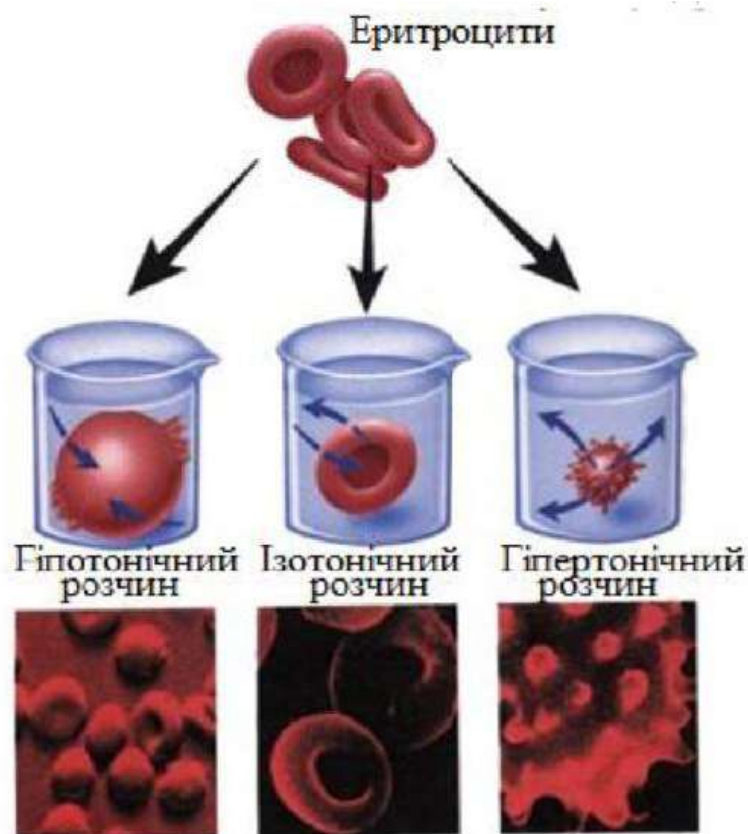


Рис. 4.1. Вплив осмосу на еритроцити, що перебувають у розчинах з різною концентрацією NaCl

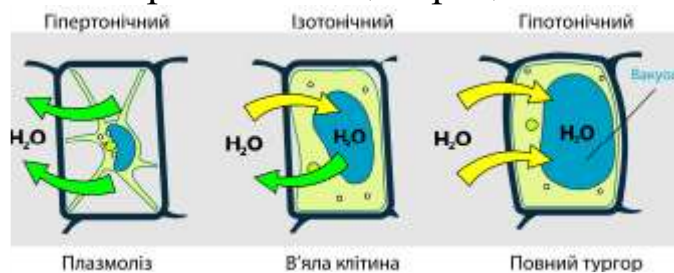


Рис. 4.2. Вплив осмосу на рослинні клітини, що перебувають у розчинах з різною концентрацією NaCl

В ізотонічних розчинах рослинні клітини не підлягають фізичним змінам. У них проходить двобічний осмос розчинника, і клітини не підлягають ні набряканню, ні зморщуванню. В гіпотонічних розчинах розчинник осмотично всмоктується в клітини – відбувається ендосмос, який у рослинних клітинах викликає тургор. У гіпертонічних розчинах рослинні клітини підлягають екзосмосу, який призводить до зморщування клітин. Це явище дістало назву плазмолізу (рис. 4.2).

## Експериментальна частина

### *Матеріали і обладнання*

10 %, 0,8 %, 0,1 % розчини  
натрій хлориду  
цибуля

Пробірки  
Скляна паличка  
Предметне скло  
Покривне скло  
Мікроскоп  
Препарувальна голка

**В и к о н а н н я.** У три пробірки додають по 2-3 см<sup>3</sup> розчинів натрій хлориду різної концентрації: в пробірку № 1 – 10 %, в пробірку № 2 – 0,8 %, в пробірку № 3 – 0,1 %. В кожен з пробірок поміщають по одному зрізу тонкої зовнішньої плівки цибулі, відпрепарованого препарувальною голкою. Через 10 хв після розміщення плівок цибулі в розчинах, їх витягують, поміщують на предметне скло, накривають покривним склом і розглядають під мікроскопом при великому збільшенні.

Розглянуті під мікроскопом зміни рослинних клітин під впливом натрій хлориду з різною концентрацією, а отже і з різним осмотичним тиском, нарисувати в зошиті, вказати характер змін.

### ***Контрольні питання і задачі***

1. Що називається осмосом, осмотичним тиском?
2. Яким рівнянням описується осмос? Від чого він залежить?
3. Які розчини називають ізотонічними, гіпертонічними, гіпотонічними?
4. Яке значення має осмотичний тиск для життя?
5. Який осмотичний тиск має розчин, у 1 дм<sup>3</sup> якого вміщується 0,2 моль неелектроліту за 17<sup>0</sup>С?
6. Розрахувати осмотичний тиск розчину, що містить в 1 дм<sup>3</sup> 3,1 г аніліну C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>. Температура розчину 21<sup>0</sup>С.
7. Визначити молекулярну масу манніту, якщо відомо, що осмотичний тиск розчину, що містить у 250 см<sup>3</sup> 9 г манніту дорівнює 4,5 атм за 0<sup>0</sup>С.
8. Розрахуйте за температури 17 <sup>0</sup>С осмотичний тиск 0,24 М розчину амоній нітрату.

## Лабораторна робота № 5

### Способи одержання та властивості колоїдних розчинів

**Мета роботи** – одержання колоїдних розчинів різними способами та дослідження їх властивостей.

### Теоретична частина

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 диспергованої 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.

**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),

$\alpha$  – 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  $\zeta$ -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

### Дослід 1. Одержання колоїдного розчину каніфолі

#### Матеріали і обладнання



вода  
спиртовий розчин каніфолі

Мірний пальчик  
Пробірка

**В и к о н а н н я.** У пробірку додають 3-4 см<sup>3</sup> води і 2-3 краплі спиртового розчину каніфолі. У одержаному розчині спостерігають явище опалесценції. Воно характерне тільки для колоїдних розчинів.

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

## ***Дослід 2. Одержання гідрозолу ферум гідроксиду***

### ***Матеріали і обладнання***

вода  
концентрований розчин ферум  
(III) хлориду

Мірний пальчик  
Пробірки  
Пробіркотримач  
Спиртівка  
Сухий спирт  
Сірники

**В и к о н а н н я.** Додають у дві пробірки по 3-4 см<sup>3</sup> води. Одну з пробірок нагрівають до кипіння, при цьому додають кілька крапель концентрованого розчину ферум (III) хлориду, після чого припиняють нагрівання пробірки. Окремо додають ферум (III) хлорид і в пробірку з холодною водою.

Спостереження записують у зошит. Визначають метод одержання дисперсної системи.

Отриманий гідрозоль гідроксиду заліза залишають для визначення знаку заряду колоїдних частинок (дослід 5).

## ***Дослід 3. Одержання гідрозолу сірки***

### ***Матеріали і обладнання***

розчин натрій тіосульфату  
сульфатна кислота

Мірний пальчик  
Пробірка

**В и к о н а н н я.** Додають у пробірку 3-4 см<sup>3</sup> розчину натрій тіосульфату і 1-2 краплі сульфатної кислоти. Через кілька хвилин розчин змінює свій зовнішній вигляд.

Спостереження записують у зошит. Визначають метод одержання дисперсної системи.

#### ***Дослід 4. Одержання гідрозолу берлінської лазурі***

##### *Матеріали і обладнання*

розчин жовтої кров'яної солі  
розчин ферум (III) хлориду

Мірний пальчик  
Пробірка

**В и к о н а н н я.** Додають у пробірку 5-6 см<sup>3</sup> розчину жовтої кров'яної солі і 1-2 краплини розчину ферум (III) хлориду. Утворюється золь берлінської лазурі. Добутий золь залишають для визначення знаку заряду колоїдних частинок (дослід 5).

Спостереження і висновки записують в журнал. Записують хімічну реакцію утворення гідрозолу берлінської лазурі та формулу міцели гідрозолу берлінської лазурі.

#### ***Дослід 5. Визначення знаку заряду колоїду***

##### *Матеріали і обладнання*

вода  
колоїдні розчини

Фільтрувальний папір  
Хімічні склянки  
Скляна паличка

**В и к о н а н н я.** 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 наливають невелику кількість досліджуваних колоїдів (кожний окремо). На скляній паличці фіксують смугу фільтрувального паперу, вільний кінець якого занурюють на 2-3 мм в досліджуваний колоїдний розчин. Підрахунок результатів дослідів проводять через 20-30 хвилин. Пояснюють свої спостереження.

## **Дослід 6. Коагуляція гідрозолу ферум (III) хлориду**

### *Матеріали і обладнання*

свіжовоготовлений	гідрозоль	Колби
ферум (III) гідроксиду		Мірний пальчик
5 н. розчин натрій хлориду		Бюретки, закріплені в штативі
0,01 н. розчин натрій сульфату		Хімічні склянки
0,001 н. розчин $K_4[Fe(CN)_6]_3$		
вода		

**В и к о н а н н я.** У три колби додають по 5 см<sup>3</sup> 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  $K_4[Fe(CN)_6]_3$  (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.

## **Дослід 7. Коагуляція мінерального та органічного колоїду амоній сульфатом**

### *Матеріали і обладнання*

гідрозоль ферум (III) гідроксиду  
золь білка  
концентрований розчин амоній  
сульфату  
вода

Пробірки  
Мірні пальчики та піпетки  
Бюретка, закріплена в штативі

**В и к о н а н н я.** У дві пробірки додають по 5 см<sup>3</sup> гідрозолу ферум (III) хлориду та золь 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 см<sup>3</sup> 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 і задачі***

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?
6. Що таке коагуляція та седиментація колоїдних частинок?
7. Які причини коагуляції колоїдних розчинів? Види коагуляції.
8. Від чого залежить стійкість колоїдних частинок?
9. Які види стійкості колоїдних частинок відомі?
10. 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. 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

# **ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ**

## **РОЗДІЛ «ФІЗИЧНА ХІМІЯ»**

Методичні рекомендації

Укладачі: **Качук Дар'я Сергіївна**

**Діордіца Яна Вікторівна**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 3,0.

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.

