

**ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БІОПОЛІМЕРІВ.
ІЗОЕЛЕКТРИЧНА ТОЧКА БІЛКА.**

*Методичні вказівки
для здобувачів освіти 1-го курсу
за спеціальностями "Медицина" та "Педіатрія"*

Видання II, перероблене та доповнене

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Харківський національний медичний університет

ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БІОПОЛІМЕРІВ.
ІЗОЕЛЕКТРИЧНА ТОЧКА БІЛКА

Методичні вказівки
для здобувачів освіти 1-го курсу
за спеціальностями "Медицина" та "Педіатрія"

Видання II, перероблене та доповнене

Затверджено
Вченою радою ХНМУ.
Протокол № 9 від 29.05.2025.

ХНМУ
Харків
2025

Властивості розчинів біополімерів. Ізоелектрична точка білка. : метод. вказ. для здобувачів освіти 1-го курсу за спец. "Медицина" та "Педіатрія"/ упоряд. Г. О. Сирова, Л. В. Лук'янова, О. В. Савельєва та ін., Вид. II, перероб., доповн. Харків : ХНМУ, 2025. 28 с.

Упорядники Г. О. Сирова
 Л. В. Лук'янова
 О. В. Савельєва
 С. М. Козуб
 Н. М. Чаленко
 О. В. Присяжний

1. Кількість годин – 4.

2. Матеріальне та методичне забезпечення теми.

2.1. Калькулятор.

2.2. Таблиці: граф логічної структури теми; будова молекул білка; гідратація полярних груп; ізоелектрична точка деяких білків; застигання полімерів; синерезис; мембранна рівновага Доннана.

2.3. Обладнання та реактиви для проведення лабораторної роботи: лабораторний посуд та реактиви (золь гідроксиду феруму (III) та берлінської лазурі, 0,1 % розчин крохмалю або 0,5 % розчину крохмалю, розчин сульфату натрію, $C(Na_2SO_4) = 0,05$ моль/л), штатив із пробірками, бюретка, піпетки.

2.4. Мультимедійне забезпечення (презентація, відеолекція, навчальний фільм – алгоритми виконання дослідів лабораторної роботи).

2.5. Навчально-методична література:

1. Медична хімія : підручник / В. О. Калібабчук, І. С. Чекман, Г. О. Сирова, В. І. Галинська та ін. ; за ред. проф. В. О. Калібабчук. 4-е вид., випр. Київ : ВСВ "Медицина", 2019. 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями "Лікувальна справа" та "Стоматологія").

2. Медична хімія : навч. посіб. / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна та ін. ; за ред. Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2015. 202 с.

3. Медична хімія : навч. посіб. / І. В. Завгородній, Г. О. Сирова, Н. М. Ткачук та ін. ; за ред. І. В. Завгороднього та Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2010. 268 с.

4. Робочий зошит з медичної хімії для самостійної роботи студентів 1 курсу мед. та стоматол. фак-тів / упоряд. Г. О. Сирова, В. М. Петюніна, В. О. Макаров та ін. Харків : ХНМУ, 2017. 68 с.

5. Відеолекція:

<https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=46304>

3. Обґрунтування теми

Високомолекулярні природні сполуки – біополімери – є структурною основою всіх живих організмів і відіграють важливу роль у процесах життєдіяльності. До біополімерів відносяться білки, полісахариди, нуклеїнові кислоти. Біополімери утворюються в процесі біосинтезу в клітинах і беруть участь у протіканні життєво важливих процесів. Так, білки складають матеріальну основу життєдіяльності клітини. Серед них розрізняють ферменти, гормони, структурні, транспортні, захисні білки. Тваринний крохмаль – глікоген виконує енергетичну функцію, є джерелом глюкози в організмі. Нуклеїнові кислоти відіграють головну роль у передачі генетичної інформації й управлінні процесом біосинтезу білка. Таким чином, знання будови і властивостей біополімерів є необхідним для пізнання суті найважливіших біологічних процесів, воно дозволить зрозуміти явища, що відбуваються в організмі (запалення, набряки та ін.). ВМС використовують як лікарські засоби (ферменти, полісахариди тощо).

Великих успіхів досягнуто у створенні сополімерних замінників плазми крові, противірусних речовин, пролонгаторів лікарських засобів, протиракових препаратів.

Синтетичні полімери широко використовуються в медицині і фармації:

- стоматологія;
- протезування (стимулятори серця, кровоносні судини, кісткова тканина, очні лінзи);
- технологія ліків (стабілізатори суспензій інсулінів, плівкоутворювачі для таблеток і капсул).
- медичні інструменти, прилади;
- кровоспинні губки;
- пролонгатори;
- ВМС – мембрани апаратів для гемодіалізу;
- перев'язочний матеріал із кровоспинними і а/с властивостями (модифікації целюлози) поліефір із гліколізу і лактиду (п/гліколева і молочна кислоти);
- хірургія (шовний матеріал – волокна із синтетичних полімерів).

4. Мета заняття:

– *загальна*: навчитись інтерпретувати фізико-хімічні властивості біополімерів у зв'язку з їх біологічною функцією.

– *конкретна*: інтерпретувати фізико-хімічні властивості білків, що є структурними компонентами всіх тканин організму; робити висновки щодо заряду розчинених біополімерів на підставі їх ізоелектричної точки;

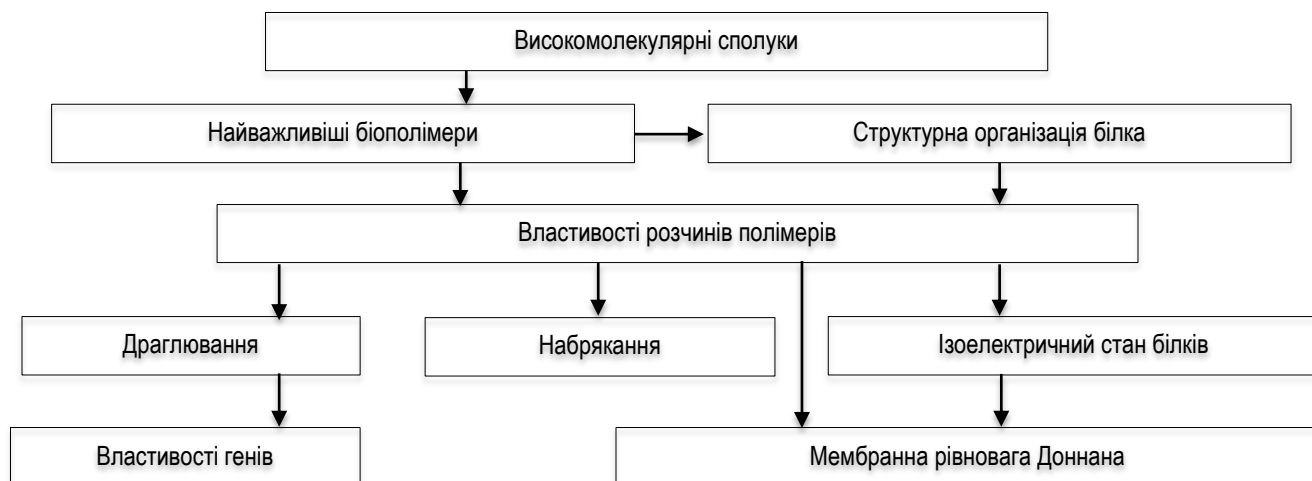
а) знати:

- Значення високомолекулярних сполук (ВМС) для медицини.
- Класифікації ВМС, склад найважливіших біополімерів.
- Методи отримання полімерів.
- Властивості ВМС (фазові і фізичні, фізико-хімічні).
- Набухання (набрякання) та розчинення полімерів. Механізм набухання. Вплив рН середовища, температури та електролітів на набухання. Роль набухання в фізіології організму.
- Стійкість розчинів ВМС.
- Драгливання розчинів ВМС. Механізм драгливання. Вплив рН середовища, температури та електролітів на швидкість драгливання.
- Гелеутворення. Властивості гелів. Тиксотропія. Синерезис. Дифузія в драглях.
- Висолювання біополімерів із розчинів. Коацервація та її роль у біологічних системах.
- В'язкість розчинів ВМС. Види в'язкості (відносна, питома, аномальна). Рівняння Штаудингера. Рівняння Марка–Куна–Хаувінка. Вплив рН середовища на в'язкість. В'язкість крові.
- Ізоелектричний стан білка. Ізоелектрична точка та методи її визначення.
- Мембранну рівновагу Доннана.

б) вміти:

- Визначати ізоелектричну точку білків. Робити висновки щодо заряду розчинених біополімерів на підставі їх ізоелектричної точки.
- Визначати ступінь набухання.
- Визначати стійкість ВМС до електролітів, захисну дію розчинів ВМС.
- Застосувати мембранну рівновагу Доннана для оцінки розподілу електролітів у живих системах.
- Розраховувати в'язкість розчинів ВМС.
- Інтерпретувати фізико-хімічні властивості білків, що є структурними компонентами всіх тканин організму.

5. Граф логічної структури теми



6. Орієнтована карта роботи студентів

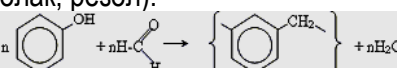
№ п/п	Етапи	Час, хв	Навчальні й наочні засоби	Місце проведення
1	Мотиваційна характеристика та план теми. Відповіді на питання студентів	25	Навчальний посібник (робочий зошит)	Навчальна кімната
2	Вхідний контроль	20	Тести вхідного контролю	
3	Самостійна робота студентів з методичною літературою, рішення навчальних завдань	60	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці, калькулятор	
4	Виконання лабораторної роботи	35	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці, калькулятор	
5	Вихідний контроль знань	25	Тести вихідного контролю, картки з ситуаційними завданнями, калькулятор	
6	Аналіз і підведення підсумків заняття	10		

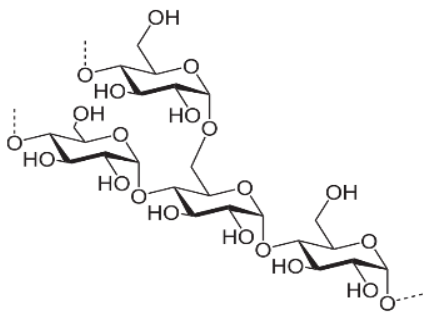
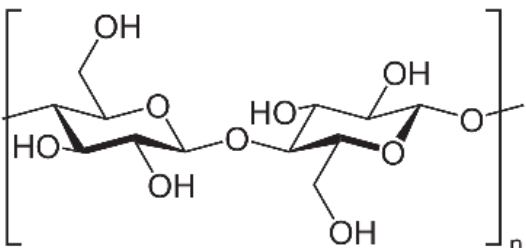
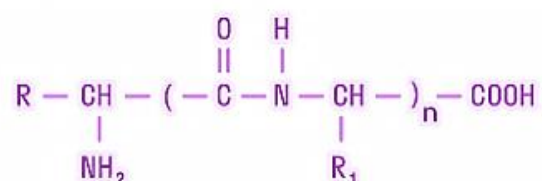
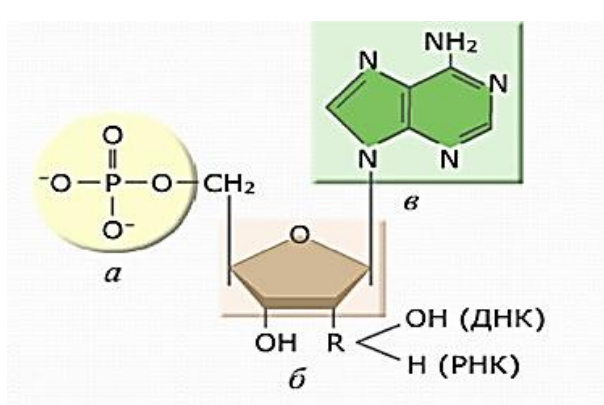
7. Завдання для самостійної роботи:

Перелік питань, що підлягають вивченню:

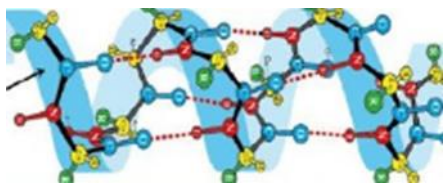
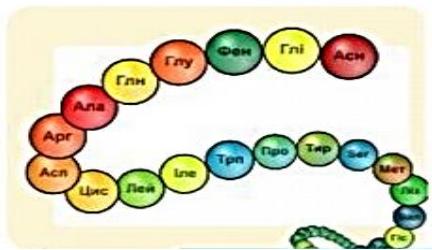
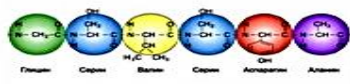
1. Визначення ВМС та їх класифікація за походженням, просторовою будовою, хімічним складом, способом одержання.
2. Механізм утворення розчинів ВМС. Вплив на набухання природи ВМС, температури, рН, наявності електролітів. Ступінь набухання.
3. Властивості розчинів ВМС (молекулярно-кінетичні, оптичні, електрокінетичні) порівняно з істинними та колоїдними розчинами.
4. Фактори стабільності розчинів ВМС.
5. Висолювання, коацервація. денатурація.
6. Методи визначення ізоелектричної точки білків.
7. Гелі (драгли), їх утворення, властивості.
8. Поняття синерезису, тиксотропії.
9. Вплив природи ВМС, концентрації, рН, температури, електролітів на гелеутворення (драгливання).


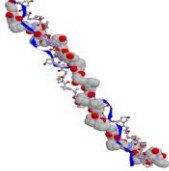


– перелік робіт, що підлягають вивченню:

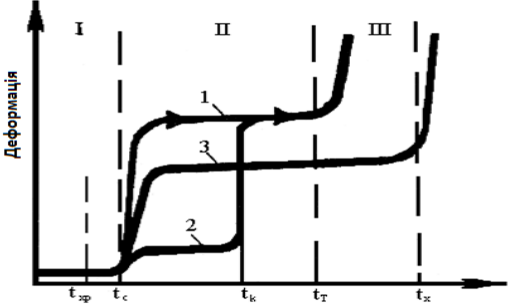
Термін	Визначення, формули, показники
Полімери або високомолекулярні сполуки (ВМС)	Хімічні речовини з великою молекулярною масою, молекули яких складаються з величезної кількості структурних одиниць (елементарних ланок), які багаторазово повторюються та з'єднані між собою ковалентними зв'язками. Наприклад, в молекулі полівінілхлориду: $\text{-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl}$ ланкою, що повторюється, є фрагмент: $\text{-CH}_2\text{-CHCl-}$. Молекулярна маса ВМС не менш 10 000 а.о.м. Молярні маси ВМС знаходяться в межах $10^4 < M < 10^6$ г/моль
Макромолекули	Розмір макромолекул у сотні або тисячі разів більший, ніж у звичайних молекул
Ступінь полімеризації	Важлива характеристика ВМС, яка дорівнює кількості елементарних ланцюгів у макромолекулі. Структурну формулу полівінілхлориду можна записати в компактному вигляді: $\text{(-CH}_2\text{-CHCl-)}_n$, де n – ступінь полімеризації
Олігомери	Полімери з низьким ступенем полімеризації
Класифікація за походженням	– <i>природні</i> (біополімери) – білки, вуглеводні, нуклеїнові кислоти і т. п.; – <i>штучні</i> – каучук, гутаперча, ацетат целюлози; отримують із природних полімерів шляхом їх хімічної модифікації. Наприклад, при обробці целюлози нітратною кислотою отримують її ефір – нітроцелюлозу; – <i>синтетичні</i> – поліетилен, поліпропілен, синтетичні волокна – найлон, поліакрил і т. п.; отримують синтезом із низькомолекулярних речовин – мономерів
Мономери	Речовини, кожна молекула яких здатна утворювати одну або кілька складових ланок
Класифікація за способом одержання	<ul style="list-style-type: none"> • <i>полімеризаційні</i>. Елементний склад мономерної молекули не відрізняється від елементного складу полімерної молекули. Реакція полімеризації етилену: Приклад: $n \text{H}_2\text{C=CH}_2 \rightarrow \text{(-H}_2\text{C-CH}_2\text{-)}_n$; • <i>конденсаційні</i>. Елементний склад мономерної молекули відрізняється від елементного складу полімерної молекули. Наприклад, білок є конденсаційним біополімером, оскільки при взаємодії карбоксильної та аміногрупи утворюється пептидний зв'язок із виділенням молекули води. Приклад: $n\text{H}_2\text{N-R-NH}_2 + n\text{HOOC-R}_1\text{-COOH} \rightarrow \text{H[-NH-R-NH-CO-R}_1\text{-CO-]}_n + (2n-1)\text{H}_2\text{O}$ (-CO-NH-R) – елементарна ланка – група, що повторюється. Якщо R = (CH₂)₆ – гексаметилендіамін, R₁ = (CH₂)₆ – адипінова кислота, то в наведеному прикладі утворюється найлон – 6,6. Приклад. Реакція утворення фенолформальдегідних смол (новолак, резол): <div style="text-align: center;">  </div>

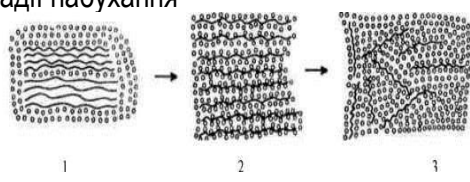
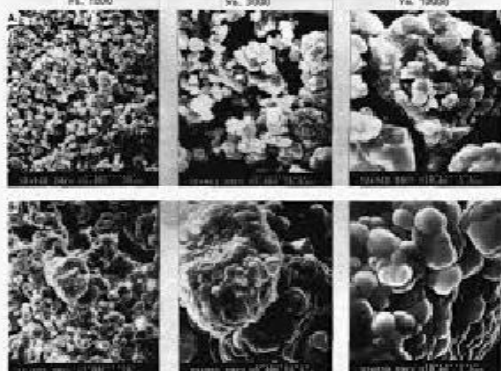
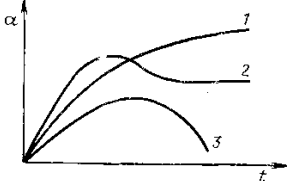
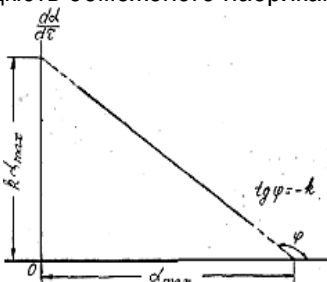
Термін	Визначення, формули, показники
<p>Крохмаль</p> 	<p>Поширений у природі полісахарид, що відіграє роль резервної речовини багатьох рослин. До складу крохмалю входять два полісахариди: амілоза (20–30 %) та амілопектин (70–80 %). Полісахариди побудовані із залишків α-D-глюкози (α,-D-глюкопіранози), які пов'язані між собою α-(1,4)-глікозид-глікозидними зв'язками. Амілоза та амілопектин мають однаковий хімічний склад та відрізняються просторовою будовою. Молекули амілози побудовані лінійно, а молекули амілопектину мають бокові відгалуження</p>
<p>Целюлоза</p> 	<p>Головна складова частина оболонки рослинних клітин; полісахарид, до складу якого входять залишки β-D-глюкози (β,-D-глюкопіранози), які з'єднані між собою β-(1,4)-глікозид-глікозидними зв'язками. Хімічно інертна речовина. Відмінність у будові молекул целюлози та крохмалю дуже сильно позначається на їх фізичних та хімічних властивостях. Макромолекулярні ланцюги целюлози мають лінійну будову. Ланцюги витягнуті та укладені пучками, в яких вони утримуються один із одним завдяки численним міжмолекулярним водневим зв'язкам між гідроксильними групами. Лінійна структура целюлози призводить до утворення таких волокнистих матеріалів, як бавовна, льон</p>
<p>Білки</p> 	<p>Природні високомолекулярні органічні речовини, макромолекули яких побудовані з величезної кількості залишків α-амінокислот, що з'єднані між собою пептидними зв'язками (–CO–NH–)n. В організмі людини є близько 5 млн різних білків, що відрізняються послідовністю сполучення амінокислот, а також просторовою будовою ланцюгів</p>
<p>Нуклеїнові кислоти</p> 	<p>Природні ВМС, виконують функцію зберігання і передачі спадкової інформації, молекулярна маса: 25 000 < M < 1 000 000 (г/моль). Мономерна ланка нуклеїнових кислот – нуклеотиди, до складу нуклеотидів входять: 1) моносахарид – рибоза або дезоксирибоза; 2) нітратні основи – пуринова (аденін, гуанін) або піримідинова (тимін (урацил), цитозин); 3) залишок ортофосфатної кислоти. Якщо до складу молекул полімеру входить рибоза, утворюються рибонуклеїнові кислоти (РНК), дезоксирибоза – дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК). Нобелівські лауреати за відкриття молекулярної структури нуклеїнових кислот та їх значення для передавання інформації в живій матерії. КРІК Френсіс Гаррі Комптон (1918–2004) – видатний англійський вчений, молекулярний біолог, біофізик, нейробіолог, лауреат Нобелівської премії в галузі фізіології та медицини за відкриття молекулярної структури нуклеїнових кислот та їх значення для передавання інформації в живій матерії. Найбільшою</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>популярності Крік набув за відкриття структури молекули ДНК разом із Джеймсом Уотсоном у 1953 р. Закінчив коледж (1937) при Оксфордському університеті, отримав ступінь бакалавра наук із фізики.</p> <p>Працював над розробленням магнітних та акустичних мін протягом Другої світової війни. У Кембриджі Крік займався біологією (1947), працюючи над вивченням фізичних властивостей цитоплазми клітини, а потім – і над молекулярною структурою білків. Намагався знайти хімічну основу генетики, яка б могла бути закладена в ДНК. Спільно з американським біологом Дж. Уотсоном проводив дослідження структури молекули ДНК (1951–1953), унаслідок чого вчені представили модель просторової будови ДНК. Захистивши дисертацію з дифракційного аналізу структури білка (1953), був удостоєний ступеня доктора філософії в Кембриджі. Із 1954 р. Крік працював над розшифруванням генетичного коду, а в 1962 р. разом із колегами Уотсоном і Уїлкінсом отримав Нобелівську премію. В цьому ж році Крік став завідувачем біологічної лабораторії Кембриджського університету і почав проводити дослідження в нейробіології, зокрема механізмами зору та сновидінь.</p> <p>Нагороди: премія Майєра Французької академії наук (1961), наукова премія Американського дослідного товариства (1962), Королівська медаль (1972), медаль Коплі Королівського товариства (1976), Орден Заслуг (1991).</p> <p>Основні праці: "О молекулах и человеке" (1967), "Жизнь как она есть: ее происхождение и природа" (1981), "Что ищет сумасшедший: личное представление о научном открытии" (1990), "Удивительные гипотезы: научный поиск души" (1995)</p>
<p>Первинна структура біополімерів</p>	<p>Визначається послідовністю розташування залишків молекул мономерів у полімерному ланцюзі</p>
<p>Вторинна структура ВМС</p>	<p>Визначає просторове розташування полімерного ланцюга. У формуванні вторинної структури білків основну роль відіграють водневі зв'язки. Якщо вони виникають між пептидними зв'язками одного ланцюга, утворюється спіраль, а якщо різних – структура складчастого аркуша, близька до плоскої</p>
<p>Класифікація за формою макромолекул та розчинності у воді</p>	<p>Білки діляться на два великих класи – глобулярні (<i>globulus (лат.)</i> – кулька) й фібрилярні (<i>fibrilla (лат.)</i> – волокно)</p>



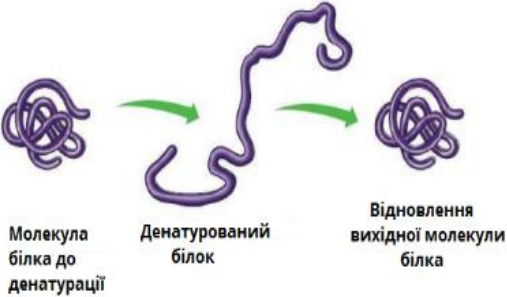
Термін	Визначення, формули, показники
<p>Глобулярні білки</p> 	<p>Для них більше характерна спіральна структура, ланцюги їх вигнуті в просторі так, що макромолекула здобуває форму, близьку до сферичної. Глобулярні білки розчиняються у воді. Приклади: альбумін (яєчний білок), глобін (білкова частина гемоглобіну), міоглобін</p>
<p>Фібрилярні білки</p> 	<p>Мають структуру складчастого аркуша. Вони мають, як правило, волокнисту будову, не розчиняються у воді. Приклади: широко розповсюджені білки – α-кератин (волосся, рогова тканина), міозин (мускульна тканина)</p>
<p>Третинна структура біополімерів</p> 	<p>Певна просторова будова, яку здатний здобувати поліпептидний ланцюг з елементами тієї або іншої вторинної структури. При цьому у взаємодію вступають радикали α-амінокислотних залишків, що є у поліпептидному ланцюзі, і зближені в просторі завдяки його вигинам. Поряд із водневими зв'язками, що беруть участь у стабілізації як вторинної, так і третинної структури, велике значення мають іонні й ковалентні зв'язки, а також гідрофобна взаємодія. Декілька окремих поліпептидних ланцюгів здатні утворити більш складні комплекси. При цьому кожний окремий ланцюг, зберігаючи характерну для нього первинну, вторинну або третинну структуру, виступає в ролі субодиниці цього комплексу</p>
<p>Четвертинна структура білка</p> 	<p>Утворюється при взаємодії декількох субодиниць. Ця взаємодія здійснюється завдяки водневим зв'язкам і гідрофобній взаємодії</p>
<p>Властивості ВМС</p>	<p>Розчини ВМС – це істинні розчини, термодинамічно стійкі, що не потребують стабілізатора. Частинки, що знаходяться в таких розчинах, складаються не з безлічі малих молекул або іонів, як у колоїдів, а є окремими молекулами. Однак розміри таких молекул наближаються, а в деяких випадках перевершують розміри колоїдних частинок, що обумовлює подібність їх молекулярно-кінетичних і оптичних властивостей до колоїдів. На відміну від колоїдних розчинів розчини ВМС термодинамічно стійкі, вони утворюються мимовільно й мають значно більшу стійкість, ніж колоїдні розчини. Розчини ВМС також здатні розсіювати світло, хоча і в меншому ступені, ніж типові колоїдні системи. Світлорозсіювання концентрованих розчинів полімерів обумовлено їх неоднорідністю, яка виникає внаслідок безперервних невеликих відхилень концентрації, які в свою чергу спричиняють відхилення (флуктуації) показника заломлення від його середнього значення. Явище розсіювання світла лежить в основі оптичного методу визначення молекулярної маси полімерів. Застосування явища розсіювання</p>

Термін	Визначення, формули, показники									
	<p>світла не обмежується в даний час визначенням молекулярної маси полімерів, але і включає визначення таких найважливіших характеристик полімеру, як розміри та структуру його макромолекул, полідисперсність, термодинамічні параметри міжмолекулярної взаємодії в розчинах і т. д.</p>									
<p>Фазові та фізичні властивості ВМС</p>  <p>Термомеханічні криві ВМС: некристалічного лінійного (1), кристалічного (2) і рідкодістчастого (3) t_c – температура скляння; t_k – температура кристалізації; t_T – температура початку в'язкості текучості; t_x – температура початку хімічного розкладання</p>	<p>– Велика М.м. => не летючі; – $T_{розклад} \ll T_{кип.} \Rightarrow$ ВМС не переходять у газ. стан; – знаходяться в конденсованому стані: твердому (кристалічному (поліетилен, поліаміди) і аморфному фазовому стані (целюлоза, каучук)); рідкому фазовому стані. <u>Три фізичні стани аморфних лінійних полімерів:</u> 1) склоподібний (деформація min) – I. 2) високоеластичний (деформація +++, оборотна) – II. 3) в'язкотекучий (\uparrow деформація, необоротна) – III</p>									
<p>Фізико-хімічні властивості ВМС</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Еластичність</i> – із подовженням довжини ланцюга підвищується еластичність полімеру (еластичність артерій). 2. <i>Морозостійкість</i> – чим $T_{скляння}$ нижче, тим більше морозостійкий полімер (натуральний каучук еластичний при $T = -70^\circ C$); 3. <i>Пластичність</i> – при $T \gg T_{текуч}$ (для підвищення пластичності до полімеру + пластифікатори (НМС) [камфора + основи кіноплівки]) 									
Подібності та відмінності розчинів ВМС і колоїдних розчинів										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">ПОДІБНОСТІ</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">ВІДМІННОСТІ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="113 1317 852 1429"> За розмірами частинки ВМС наближаються до колоїдних: $d_{кол. част.} = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ м}$ $d_{част. ВМС} = 10^{-8} - 10^{-9} \text{ м}$ </td> <td data-bbox="852 1317 1439 1429" rowspan="4"> У колоїдних розчинах частинка є міцели, у розчинах ВМС – гігантські макромолекули </td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1429 852 1464"> І ті, і інші не здатні проходити через мембрани </td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1464 852 1500"> Мають незначну швидкість дифузії </td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1500 852 1536"> Мають незначний осмотичний тиск </td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1536 852 1615"> Мають здатність коагулювати і пептизуватися </td> <td data-bbox="852 1536 1439 1615"> Концентровані розчини ВМС відрізняються самовільністю утворення Розчини ВМС відрізняються термодинамічною стійкістю і оборотністю </td> </tr> </tbody> </table>		ПОДІБНОСТІ	ВІДМІННОСТІ	За розмірами частинки ВМС наближаються до колоїдних: $d_{кол. част.} = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ м}$ $d_{част. ВМС} = 10^{-8} - 10^{-9} \text{ м}$	У колоїдних розчинах частинка є міцели, у розчинах ВМС – гігантські макромолекули	І ті, і інші не здатні проходити через мембрани	Мають незначну швидкість дифузії	Мають незначний осмотичний тиск	Мають здатність коагулювати і пептизуватися	Концентровані розчини ВМС відрізняються самовільністю утворення Розчини ВМС відрізняються термодинамічною стійкістю і оборотністю
ПОДІБНОСТІ	ВІДМІННОСТІ									
За розмірами частинки ВМС наближаються до колоїдних: $d_{кол. част.} = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ м}$ $d_{част. ВМС} = 10^{-8} - 10^{-9} \text{ м}$	У колоїдних розчинах частинка є міцели, у розчинах ВМС – гігантські макромолекули									
І ті, і інші не здатні проходити через мембрани										
Мають незначну швидкість дифузії										
Мають незначний осмотичний тиск										
Мають здатність коагулювати і пептизуватися	Концентровані розчини ВМС відрізняються самовільністю утворення Розчини ВМС відрізняються термодинамічною стійкістю і оборотністю									
<p>Істинні розчини</p>	<p>Розчини ВМС, як і розчини низькомолекулярних сполук (НМС), є гомогенними, термодинамічно рівноважними і агрегативно стійкими системами</p>									
<p>Набухання (набрякання)</p>	<p>Перша стадія розчинення будь-якого полімеру. Явище збільшення об'єму полімеру при поглинанні ним розчинника. Однак при багаторазовому збільшенні об'єму полімер зберігає свою форму. Оскільки рухливість молекул розчинника набагато перевищує рухливість макромолекул, то на першій стадії розчинення відбувається проникнення розчинника всередину полімеру, що супроводжується значним збільшенням його об'єму</p>									

Термін	Визначення, формули, показники
<p>Стадії набухання</p>  	<p>Цей процес відбувається у дві стадії. На першій стадії (міжструктурне набухання) при поміщенні полімеру в воду відбувається гідратація його полярних груп. Ця стадія характеризується виділенням тепла й упорядкуванням розташування диполів води біля макромолекул, в результаті чого послабляються зв'язки між окремими полімерними ланцюгами.</p> <p>На другій стадії (внутрішньоструктурне набухання) поглинається багато рідини без виділення теплоти. Причиною набрякання є те, що при розчиненні відбувається не тільки дифузія молекул речовини, що розчиняється у розчинник, але і дифузія молекул розчинника у високомолекулярну речовину. При цьому молекули води заповнюють простір між макромолекулами в пухкій структурі полімеру й послабляють міжмолекулярні зв'язки. Щілини, що утворюються, заповнюються новими молекулами розчинника. Відстань між макромолекулами збільшується, що призводить до збільшення об'єму й маси полімеру. На третій стадії (розчинення)</p>
<p>Необмежене набрякання</p>	<p>Якщо полімер розчиняється у воді добре, то його набрякання закінчується розчиненням</p>
<p>Обмежене набрякання</p>	<p>Відбувається, якщо розчинність полімеру невелика, при цьому поглинається певна кількість розчинника, після чого об'єм перестав збільшуватися. Обмежене набрякання закінчується утворенням гелю</p>
 <p>Кінетичні криві набрякання ВМС:</p>	<p>Криві, показують зміну ступеня набрякання полімеру з часом. Під час обмеженого набрякання (1, 2) ступінь набрякання ВМС досягає максимального значення, після чого залишається сталим. Під час необмеженого набрякання (3) крива $\alpha = t$ проходить через максимум, після чого ступінь набрякання зменшується практично до нуля внаслідок поступового розчинення зразка полімеру</p>
<p>Швидкість обмеженого набрякання</p>  <p>Залежність швидкості набрякання полімеру від ступеня набрякання</p>	<p>Швидкість обмеженого набрякання полімеру визначається швидкістю дифузії розчинника в нього, тому вона характеризується тими ж закономірностями, що й хімічна реакція 1-го порядку й описується кінетичним рівнянням першого порядку:</p> $da / dt = k(\alpha - \alpha_{max}),$ <p>де da/dt – швидкість набрякання на час t, α – ступінь набрякання за час t, α_{max} – граничний ступінь набрякання. На графіку це рівняння зображується прямою лінією в координатах $da/dt - \alpha$, де відрізок, що відсікає пряма на вісі ординат дорівнює $k\alpha_{max}$, а тангенс кута нахилу прямої дорівнює k. При цьому відрізок, що відсікає пряма, дорівнює α_{max}</p>
<p>Фактори, які впливають на процес набрякання</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Температура та тиск (за принципом Ле Шательє). Із підвищенням температури прискорюється дифузія молекул розчинника в об'єм полімеру, і відповідно збільшується швидкість набрякання останнього. 2. Природа розчинника та полімеру, тобто їх полярність. Для хорошого набухання та розчинення полярність полімеру повинна бути близька до полярності розчинника. 3. Будова полімеру. Гнучкі вуглеводневі ланцюги без полярних груп необмежено розчиняються у неполярних рідинах. Збільшення жорсткості (поява полярних груп) знижує розчинність ВМС. Кристалічні полімери набухають та не розчиняються навіть у близьких за полярністю розчинниках.

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>4. Ступінь подрібнення ВМС. Підвищення ступеня дисперсності полімеру призводить до збільшення поверхні контакту ВМС і розчинника, збільшення кількості молекул розчинника, що проникають у полімер і, відповідно, до збільшення швидкості процесу набрякання.</p> <p>4. Молекулярна маса полімеру. Збільшення молекулярної маси полімеру призводить до зменшення здатності до набухання та розчинення в одному та тому ж розчиннику.</p> <p>5. рН середовища. Найменше набухання та розчинення поліелектролітів відповідає ізоелектричній точці, вище або нижче цієї точки набухання і розчинення збільшується.</p> <p>6. Присутність електролітів. Додавання до розчинника іонів електроліту, які добре сольватуються, зменшує розчинність полярних ВМС та ускладнює процес набухання. За впливом на процес набухання аніони розташовуються в певній послідовності, яка називається ліотропними рядами: $CNS^- > J^- > Br^- > NO_3^- > Cl^- > CH_3COO^- > C_2O_4^{2-} > SO_4^{2-}$ ступінь набрякання зменшується</p>
Ступінь набрякання α	<p>Кількісною мірою набрякання, яка може мати об'ємне або масове вираження:</p> $\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100 \% ; \alpha = \frac{V - V_0}{V_0} \cdot 100 \%,$ <p>де m, m_0, V, V_0 – відповідно об'єми та маси вихідного та набряклого полімеру.</p> <p>Більш точним є визначення "α" за її масовим виразом, тому що в цьому випадку результати вимірів не залежать від явища контракції</p>
Набрякання в медицині	<p>У життєдіяльності рослинних і тваринних організмів, а також людини процеси набрякання відіграють важливу роль. Так, нирки виконують дві основні функції: виведення продуктів обміну (шлаків) та концентрування. Сполучна тканина нирок є регулятором водного обміну між тканинами і кров'ю. Унаслідок набрякання сполучна тканина може вилучати з біологічних рідин надлишок води або віддавати його тканинам і крові. У молодому віці процеси обміну в організмі відбуваються особливо енергійно. Кількість води і ступінь набрякання тим більші, чим молодший організм. Так, на початку внутрішньоутробного розвитку плода вода становить 95 % його маси, у немовля – 70–75 %, а дорослої людини – тільки 60 %. Поступове старіння організму супроводжується зменшенням здатності колоїдів до набрякання і гальмування процесів обміну. За деяких запальних і алергічних захворювань спостерігаються набряки легень, мозку, слизових оболонок</p>
Контракція	Полягає в тому, що об'єм розчину (суміші) двох рідин виявляється меншим, ніж сума об'ємів взятих рідин
Властивості розчинів ВМС, характерні для колоїдних розчинів	<ul style="list-style-type: none"> – розмір часток (молекул ВМС) відповідає розміру колоїдних частинок (10^{-9}–10^{-7} м); – розчини ВМС не проходять через напівпроникні мембрани; – явище світлорозсіювання (розмитий конус Тиндаля); – здатність до коагуляції; – повільно дифундують

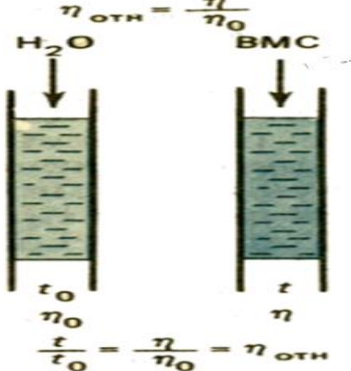
Термін	Визначення, формули, показники
Властивості розчинів ВМС, характерні для істинних розчинів	<ul style="list-style-type: none"> – гомогенність; – термодинамічна стійкість; – самочинність утворення (розчиняються в певних рідинах, не вимагаючи стабілізаторів); – оборотність коагуляції
Висолювання	<p>Виділення в осад розчиненої речовини, спостерігається при додаванні до розчину ВМС великих кількостей електролітів (частіше солей). Якщо для коагуляції золів потрібна мізерно мала кількість електролітів (ммоль/л), то для висолювання ВМС витрачаються дуже великі кількості солей (нерідко концентрація досягає насичення). Висолювання пояснюється зменшенням розчинності речовин у концентрованому розчині електроліту за аналогією з подібними явищами в розчинах низькомолекулярних речовин. При додаванні великих кількостей електролітів відбувається руйнування гідратної оболонки молекул ВМС, тому вони виділяються з розчину. Висолювання є основою одного з методів фракціонування високомолекулярних речовин, зокрема білків, оскільки їх здатність виділятися з розчину різко зростає зі збільшенням молекулярної маси. Застосовуючи солі в різних концентраціях, можна висолювати різні фракції білків: при малій концентрації солей осаджуються найбільш важкі частинки з найменшим зарядом, при підвищенні концентрації випадають більше стійкі фракції. Процес висолювання часто оборотний: після видалення солі з осадженого білка його знову можна перевести в розчин. На цьому принципі засноване приготування лікувальних сироваток і розчину γ-глобуліну.</p> <p>При порушенні стійкості розчинів ВМС можливе утворення коацервату – нової рідкої фази, збагаченої полімером. Коацерват може знаходитися в початковому розчині у вигляді крапель або утворити суцільний шар</p>
Коацервація. Схема коацервації	<p>Злиття водних оболонок декількох частинок без об'єднання самих частинок.</p> <div data-bbox="927 1406 1254 1532" data-label="Image"> </div> <p>Виникнення коацерватів із білкових молекул є важливим елементом теорії походження життя на Землі. Коацервація може супроводжуватися утворенням нуклеопротейідів, ліпопротейінів і комплексів, що становить значний інтерес для біохіміків.</p> <p>Практична важливість коацервації зростає у зв'язку з розвитком технології мікрокапсулювання. У фармацевтичній промисловості мікрокапсулювання застосовують з метою захисту лікарської речовини від контакту з навколишнім середовищем. Мікрокапсули – це укладені в оболонку з полімеру тверді, рідкі або газоподібні речовини. Оболонка утворюється з адсорбованих крапельок коацервату полімеру, які зливаються в суцільну плівку та спеціальною обробкою переводяться в твердий стан</p>

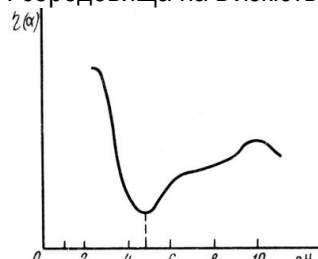
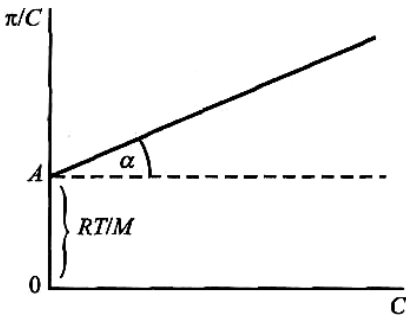
Термін	Визначення, формули, показники
<p>Денатурація</p>  <p>Молекула білка до денатурації</p> <p>Денатурований білок</p> <p>Відновлення вихідної молекули білка</p>	<p>Під дією різних фізичних і хімічних факторів порушується природна просторова структура білкової молекули: руйнуються четвертинна, третинна і вторинна структури (первинна не змінюється). Це призводить до зменшення або повної втрати розчинності, специфічної біологічної активності, зміни оптичних властивостей, в'язкості та ін. Під час денатурації розриваються йонні, водневі та дисульфідні зв'язки, поліпептидний ланцюг розкручується і знаходиться або в розгорнутому стані, або у вигляді хаотичного клубка. Для більшості білків це незворотний процес, але для деяких, наприклад, білків м'язів – зворотний. Під час старіння організму відбувається поступова денатурація білків і зменшення їх гідрофільності. Денатуровані білки продуктів харчування краще розщеплюються ферментами шлунково-кишкового тракту</p>
<p>Ізоелектрична точка білка (ІЕТ)</p>	<p>Стан, у якому кількість позитивно й негативно заряджених груп у білковій молекулі однакова й, отже, сумарний заряд молекули дорівнює нулю, а відповідне значення рН. В ізоелектричному стані молекули білка не переміщуються в електричному полі. Ізоелектрична точка є важливою характеристикою білків. Кожний білок має свою індивідуальну ІЕТ. В ізоелектричному стані заряди протилежного знака чергуються уздовж пептидного ланцюга, що сприяє стисненню молекули і навіть скручуванню її в глобулу. Це означає, що в ізоелектричному стані молекули білка в розчині займають найменший об'єм. Зі збільшенням або зменшенням рН молекули розпрямляються</p>
<p>Способи визначення ІЕТ білка</p>	<ul style="list-style-type: none"> – за електрофоретичною рухливістю: досліджуваний білок піддають електрофорезу в буферних розчинах із різним значенням рН; в буфері зі значенням рН, що співпадає з рН ІЕТ білка, останній електронейтральний та не переміщується в електричному полі; – за ступенем коагуляції: в пробірки наливають буферні розчини з різним значенням рН, до них вносять рівні кількості досліджуваного білка і додають спирт; найбільш виражене помутніння відбудеться в пробірці з буфером, рН якого збігається з рН ІЕТ білка; – за швидкістю желатинування: в пробірки наливають буферні суміші з різним значенням рН і додають концентрований розчин досліджуваного білка, швидше за все желатинування відбудеться в розчині, рН якого найближче до рН ІЕТ білка; – за величиною набухання: однакові кількості сухого білка насипають у ряд пробірок і доливають рівні об'єми буферних розчинів із різним значенням рН. Найбільше набухання білка з'являється в пробірці, де рН середовища буде найближче до рН ІЕТ білка
<p>Способи одержання гелів та драглів</p>	<ul style="list-style-type: none"> – желатинізація (застигання). Це перехід рідкого розчину в гель чи драгль. Наприклад, застигання гарячого розчину желатину веде до утворення драглю; – набухання ксерогелів (сольватація сухих гелів). Поглинання води частинками ВМС призводить до їх набухання з можливістю злиття набухлих частинок у суцільну систему. Так, при додаванні води до крохмалю, сухого клею, агар-агару, пектину відбувається утворення клейстеру

Термін	Визначення, формули, показники
Драгли	<p>Системи "полімер–розчинник", що характеризуються великими оборотними деформаціями при практично повній відсутності в'язкої течії. Для цих систем іноді застосовують термін "гель", який в колоїдній хімії позначає низькокоагульовані золі. Історично термін "гель" вперше з'явився при дослідженні саме полімерної системи (водного розчину желатину). Драгли відрізняються від в'язкотекучих розчинів полімерів такої ж концентрації структурними особливостями, які й призводять до того, що замість течії розвиваються оборотні деформації</p>
Класифікація драглів	<p>До драглів першого типу відносять набряклі в розчинниках сітчасті полімери, наприклад, полістирол із поперечними дивінілбензолієними "містками". Їх оборотна деформація обумовлена ентропійним ефектом розпрямлення і відновлення згорнутої конформації ділянок макромолекулярних ланцюгів, що знаходяться між хімічними вузлами зшивання. Оскільки енергія хімічного зв'язку дуже велика, такі драгли оборотно деформуються в широкому інтервалі температур від точки кристалізації розчинника до початку термічного розпаду розчинника або полімеру при високих температурах. Різновидом драглів першого типу є системи, в яких стійкі контакти між макромолекулами забезпечуються локальною кристалізацією групи ланцюгів. Відрізки макромолекул між кристалічними "вузлами" здатні до таких самих конформаційних перетворень під дією зовнішніх навантажень, як і хімічно зшиті полімери, але верхня межа ділянки оборотної деформації обмежується температурою плавлення кристалічних вузлів. Вище цієї температури драгли перетворюються у звичайний розчин полімеру. Прикладом драглу цього типу можуть служити розчини полівінілхлориду з невисоким ступенем кристалічності, обумовленої низькою синдіотактичністю макромолекул. Локальна кристалізація в цьому випадку відповідальна за оборотну деформацію високопластифікованих виробів із полівінілхлориду. Аналогічні драгли часто утворюються з розчинів співполімерів, у яких в результаті неоднорідного розподілу співмономерів у ланцюзі виникає можливість локальної кристалізації послідовності однакових мономерів. Локальна кристалізація спостерігається і для полімерів, що утворюються при часткових полімер-аналогічних перетвореннях, наприклад, при неповному омиленні похідних целюлози.</p> <p>Драгли другого типу відрізняються від драглів першого типу виразно вираженим двофазним станом. Вони виникають в результаті розпаду однофазних розчинів полімерів на дві фази, перша з яких, що містить велику кількість полімеру, утворює переважно безперервний каркас, а друга фаза з дуже низькою концентрацією полімеру включена в цей каркас у вигляді дисперсії. Властивості цієї системи визначаються каркасною полімерною фазою, яка в багатьох випадках наближається за властивостями до твердого тіла і тому здатна до часткового пружного вигину. При цьому загальна, відносно висока деформація системи складається з суми малих деформацій окремих елементів просторової сітки, створюючої цю структуру. Крім того, внесок в оборотну деформацію вносить зміну форми і протяжності міжфазної межі (міжфазна енергія має невелике, але все-таки кінцеве значення). Драгли другого</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	типу часто утворюються з розчинів білкових речовин, при осадженні полімерів у ході їх переробки у виробі (наприклад, у хімічні волокна, зокрема при дозріванні віскози), з водних розчинів метил- і оксиетилцелюлози. При цьому фазовий розпад пов'язаний зі зміною активності розчинника унаслідок введення "нерозчинника" або різкої зміни температури
Синерезис	<p>Характерна властивість драглів, а саме – зменшення їх об'єму, внаслідок видалення частини рідини. Із часом кількість зв'язків між полімерними ланцюгами в гелях збільшується. Структурна сітка гелю стискається й з нього виділяється частина розчинника, що містить незначну кількість розчиненого полімеру. Процес старіння гелю з утворенням більш щільного драглю й розведеного розчину полімеру. Вплив різних факторів на процес синерезису такий самий, як на драглювання. Цікаво, що після синерезису гелі та драглі в зменшеному вигляді можуть зберігати форму посуду. Процеси синерезису відбуваються при засиханні хліба, желе і т. д. Процес синерезису спостерігається під час ретракції згустку крові, коли відбувається значне зменшення об'єму згустку крові.</p> <p>Синерезис має місце в процесі старіння організму. Встановлено, що з віком відбувається поступова зміна просторової будови (третинної структури) і зменшення гідратації білкових молекул. У результаті тканини стають більш твердими й менш еластичними</p>
Фактори, які сприяють синерезису (всі, які сприяють коагуляції)	<ul style="list-style-type: none"> – збільшення концентрації електроліту в системі; – підвищення температури; – введення в систему десольвуючих агентів
Тиксотропія	<p>Явище, характерне для більшості гелів – при перемішуванні розріджуватися, а потім у стані спокою знову драглюватися. Тиксотропні перетворення можуть бути повторені багато разів і протікають при постійній температурі. Утворення гелів та драглів має оборотний характер, якщо частинки пов'язані слабкими міжмолекулярними силами (водневі зв'язки, сили Ван-дер-Ваальса, гідрофобні взаємодії). Тиксотропія – один із доказів того, що структуроутворення в драглях та гелях відбувається в основному завдяки Ван-дер-Ваальсовим силам</p>
Процес драглювання залежить:	<ul style="list-style-type: none"> – від форми макромолекул; – концентрації розчину; – температури; – рН розчину. <p>Легше всього гелі утворюють полімери з різко вираженою асиметрією частинок.</p> <p>Вплив концентрації полімеру. Підвищення концентрації сприяє застиганню розчинів полімерів, тому що призводить до зростання частоти зіткнень між макромолекулами або їх ділянками і збільшенню кількості зв'язків, що утворюються в одиниці об'єму. Сильно розбавлені розчини не здатні до гелеутворення. Для того щоб воно відбувалося, концентрація розчину повинна бути вище деякої певної величини. Мінімальна концентрація полімеру, необхідна для утворення драглю, називається критичною концентрацією гелеутворення. Її величина залежить від властивостей полімеру, температури. Наприклад, розчини желатину можуть утворювати драглі при кімнатній температурі</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>і концентрації в 1 % (мас.), а агар-агар – 0,2 %. Твердість одержуваного драглю буде тим більше, чим більше концентрація вихідного розчину.</p> <p>Вплив форми і величини макромолекули. Макромолекули мають здатність приймати велику кількість конформацій: від абсолютно розтягнутого стану до тугого клубка. Це пояснюється гнучкістю полімерних ланцюгів. Кількість зв'язків, які утворює дана макромолекула з іншими, залежить від їх форми. Тому в розпрямленому стані полегшується доступ до тих її частин, які можуть вступати у взаємодію. Отже, для гелеутворення необхідні умови, при яких макромолекула не згортається в клубок. Макромолекули, які мають витягнуту форму, утворюють драгли навіть у дуже розбавлених розчинах.</p> <p>Вплив температури. Температура дуже сильно впливає на структуроутворення. Оскільки від температури залежать рухливість сегментів макромолекули, то підвищення температури перешкоджає утворенню елементів структури, тобто гелеутворенню. Зниження температури прискорює процес гелеутворення. Існує, так звана, температура плавлення драглю, при якій драгль переходить у розчин. Для драглів температура плавлення і затвердіння збігаються. За точку застигання приймають деяку умовну температуру, яка відповідає в'язкості, що не дозволяє системі текти через капіляр, або температурі, при якій меніск у трубці при її нахилі не деформується. Підвищення температури призводить до посилення теплового руху молекул, що перешкоджає драглюванню.</p> <p>Вплив рН середовища відбувається в тому випадку, якщо ВМС є поліелектролітом (амфотерний білок). Найкраще драглювання відбувається при рН, що відповідає ізоелектричній точці (рН = 4,8). При цьому рН по всій довжині молекулярного ланцюга розташована однакова кількість протилежно заряджених іонізованих груп, що і сприяє зв'язку між окремими макромолекулами. Зі зміною рН по обидві сторони від ізоелектричної точки макромолекули набувають однойменний заряд і між ними виникають сили відштовхування, зв'язок не утворюються. При додаванні надлишкових кількостей кислоти або лугу ступінь іонізації йоногенних груп зменшується і здатність до застигання знову збільшується.</p> <p>Вплив індиферентних електролітів визначається їх хімічної природою. Застигання та набування – процеси прямо протилежні, тому електроліти, які сприяють набуванню, ускладнюють драглювання або роблять його неможливим. В основному на процес застигання впливають аніони</p>
В'язкість розчинів ВМС (η)	<p>Внутрішнє тертя між шарами ВМС, що рухаються відносно один одного.</p> <p>Величина в'язкості визначається силами молекулярного тяжіння, тому</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) збільшується в розчинах полярних речовин; 2) збільшується в розчинах із розмірами частинок, що перевищують розміри частинок розчинника; 3) на величину в'язкості впливає форма частинок; 4) збільшується зі збільшенням молекулярної маси розчиненої речовини; 5) збільшується зі збільшенням концентрації частинок речовини

Термін	Визначення, формули, показники
Рівняння Ейнштейна	$\eta = \eta_0(1 + \alpha\varphi),$ <p>де η – в'язкість розчину; η_0 – в'язкість розчинника; α – коефіцієнт, що залежить від форми частинок; φ – об'ємна частка частинок. Недолік: не враховує наявність різних шарів у частинок (сольватних, адсорбційних, електричних), що створюють додаткові в'язкісні ефекти</p>
Види в'язкості 	<p>– відносна – $\eta_{\text{від.}} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0}$, де t – час витікання об'єму рідини через капілярну трубку (t – розчину, t_0 – розчинника); – питома – $\eta_{\text{пит.}} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \eta_{\text{від.}} - 1$ залежить від концентрації, характеризувати речовина не може; – наведена – $\eta_{\text{від.}} = \frac{\eta_{\text{пит.}}}{c}$ усуває вплив концентрації, але величина непостійна; – характеристична – $[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{\text{пр}}$ отримують графічно екстраполяцією наведеної в'язкості до нульової концентрації</p>
Рівняння Штаудингера	<p>Штаудингер встановив залежність в'язкості розчину від молекулярної маси полімеру.</p> $[\eta] = KM$ <p>де K – постійна для всього полімергомологічного ряду, визначається криоскопічно в розчинах нижчих його членів. Подальші дослідження показали, що рівняння Штаудингера описує лише граничний випадок, що виконується під час відсутності взаємодії між макромолекулами і при їх граничному випрямленні</p>
Рівняння Марка–Куна–Хаувінка	<p>Враховує взаємодію макромолекул і зміни константи K (експериментально визначається для макромолекул різної довжини).</p> $[\eta_{\text{хар}}] = KM^\alpha$ <p>Величина α залежить від форми макромолекул ($0,5 < \alpha < 1$). У загальному випадку зі збільшенням жорсткості макромолекул величина α наближається до 1. Для жорстких (палички) полімерів $\alpha = 1$</p>
Закони в'язкості	<p>Біологічні р-ни не є ньютонівськими, тобто не підкоряються законам Ньютона і Пуазейля, їх в'язкість аномальна ($\eta_{\text{ан}}$) і визначається:</p> $\eta = \eta_{\text{ан}} + \eta_{\text{орієнт}} + \eta_{\text{структ}}$ <ol style="list-style-type: none"> 1) розмірами і формою асоціатів; 2) концентрацією розчиненої речовини [1906 р. А. Ейнштейн] (залежність пропорційна, але нелінійна через проц. структуровання розчинів); 3) вплив t°: з підвищенням t° – η зменшується, але для міцних структур може \uparrow; 4) інтенсивний рух перешкоджає

Термін	Визначення, формули, показники
<p>Фактори, які впливають на в'язкість розчинів ВМС</p>	<p>Внутрішнє тертя між шарами ВМС, що рухаються відносно один одного. Величина в'язкості визначається силами молекулярного тяжіння, тому: 1) ↑ в розчинах полярних речовин; 2) ↑ в розчинах із розмірами частинок, що перевищують розміри частинок розчинника; 3) ↑ зі збільшенням молекулярної маси розчиненої речовини; 4) ↑ зі збільшенням концентрації частинок речовини</p>
<p>Вплив рН середовища на в'язкість</p> 	<p>В ізоелектричній точці в'язкість ВМС мінімальна!!</p>
<p>В'язкість крові</p>	<p>Дуже важливий показник крові, що визначає максимальний термін роботи серця і судин. Чим вище в'язкість крові, тим швидше зношується серце. Що дає Вам аналіз крові на в'язкість? Відповідь дуже проста. Прокинетесь Ви завтра чи ні. В'язкість крові змінюється в дуже широких межах. При цьому на стан крові впливає дуже багато факторів. Критичне збільшення в'язкості крові ставить всю серцево-судинну систему та її господаря на грань виживання. Тобто збільшення в'язкості крові підвищує кардіологічний ризик або ризик раптової серцевої смерті. – У нормі для плазми крові і лімфи $\eta = 1,4 \times 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{С}$ ($t = 37 \text{ }^\circ\text{C}$). – Збільшення концентрації формених елементів і білків збільшення η. – На η впливає і стан мембран еритроцитів (до 45 % об'єму крові): в нормі висока еластичність, втрата або зниження якої веде до збільшення η крові</p>
<p>Осмотичний тиск ВМС. Рівняння Галлера</p>  <p>Графік залежності $\pi/C - C$ для розчину ВМС</p>	<p>Наявність у розчинах ВМС відносно великих гнучких макромолекул суттєво впливає на осмотичний тиск розчинів полімерів. У зв'язку з малою концентрацією частинок в одиниці об'єму, осмотичний тиск розчинів ВМС навіть за досить великих концентрацій невеликий. Подібно до ступеня набрякання і в'язкості, осмотичний тиск має мінімальне значення при рН ізоелектричної точки і зростає при зміщенні рН в обидві сторони від неї. Залежить величина осмотичного тиску і від температури: з підвищенням температури він зростає внаслідок збільшення ступеня дисоціації йоногенних груп полімерів. Величину осмотичного тиску розчинів ВМС обчислюють за рівнянням Галлера, яке порівняно з рівнянням Вант-Гоффа містить додатковий член, що враховує взаємодію між гнучкими макромолекулами полімеру між собою і з молекулами розчинника:</p> $\pi = \frac{CRT}{M} + bc^2,$

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>де C – концентрація ВМС, в г/л; M – середня молекулярна маса ВМС; b – константа, яка характеризує відхилення від закону Вант-Гоффа; вона зростає зі збільшенням довжини макромолекули і розгалуженням ланцюга ВМС.</p> <p>Поділивши ліву і праву частини вище наведеного рівняння Галлера на концентрацію C, одержуємо вираз:</p> $\frac{p}{C} = \frac{RT}{M} + bC.$ <p>У такому вигляді вираз є рівнянням прямої, за допомогою якої графічно знаходять відносну середню молекулярну масу ВМС. Для цього вимірюють осмотичний тиск кількох розчинів ВМС різної масової концентрації і будують графік залежності $\pi/C - C$ (на графіку).</p> <p>Відрізок OA, який відсікає пряма від початку координат, дорівнює $(RT)/M$, а тангенс нахилу прямої до осі абсцис дає константу b ($b = \text{tg } a$). Середню молекулярну масу ВМС обчислюють за формулою $M = RT/OA$. Осмометричним методом визначають середню молекулярну масу ВМС у межах від 20 тис. до 1 млн а.о.м.</p>
Онкотичний тиск	<p>Частина осмотичного тиску біологічних рідин, що утворюється білками. Хоча онкотичний тиск складає всього 0,5 % від загального осмотичного тиску плазми крові (відповідно 0,038 та 7,7 атм.), але має велике значення для транспорту води та речовин між кров'ю та тканинами. Вміст білків у крові значно вище, ніж у міжклітинній рідині, а стінки судин практично не пропускають великі молекули білків. Оскільки міжклітинна рідина містить значно менше білків, то й її онкотичний тиск значно менше, ніж у плазмі крові, що сприяє руху рідини з міжклітинного простору в кров'яне русло. Однак, робота серця, в свою чергу, утворює гідростатичний тиск, який в артеріальній частині капіляра значно збільшує онкотичний тиск білків та, завдяки цій різниці, вектор руху рідини спрямований з крові в міжклітинну рідину. У венозній частині капіляра гідростатичний тиск вже менше, ніж онкотичний, і є близьким, тому вектору руху рідини, який спрямований вже з міжклітинного простору в судинне русло. При зменшенні кількості білків у крові (захворювання печінки, голодування) відбувається зменшення онкотичного тиску і рідина затримується в тканинах, що призводить до утворення онкотичних ("голодних" або "ниркових") набряків у підшкірній клітковині.</p> <p>Онкотичний тиск у розчинах ВМС значною мірою залежить від температури і рН. Підвищення температури в розчинах ВМС збільшує осмотичний тиск більше, ніж очікується з теоретичних розрахунків. Це пояснюється підвищенням ступеня дисоціації іоногенних груп білків та дезагрегації білків на мікроглобули</p>
Мембранна рівновага Доннана	<p>Якщо клітину, в якій у розчиненому стані перебувають білки й низькомолекулярні електроліти, помістити в розчин електроліту, що не містить білка, то деяка частина іонів перейде через мембрану, після чого встановиться рівновага. Виходячи з термодинамічного розгляду процесу, Доннан встановив, що в стані рівноваги має місце наступне співвідношення</p>

Термін	Визначення, формули, показники
Мембранний потенціал	<p>Оскільки осмотична рівновага встановлюється при нерівномірному розподілі іонів по обидві сторони мембрани, у системі повинна виникати різниця потенціалів по обидві сторони мембрани:</p> $x = \frac{C_n^2}{C_e + 2C_n}$ <p>де x – кількість електроліту, що перейшов у розчин білка; C_n – концентрація електроліту в зовнішній рідині; C_e – концентрація електроліту всередині клітини</p>

– перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти:

- визначати ізоелектричну точку білків, ступінь набухання, стійкість ВМС до електролітів, захисну дію розчинів ВМС;
- застосовувати мембранну рівновагу Доннана для оцінки розподілу електролітів у живих системах;
- набрякання.

8. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань

8.1. Ситуаційні задачі з алгоритмами їх вирішення:

1. Зразок вулканізованого каучуку масою 2,4 г помістили в бензин. За 9,0 год витримання його в бензині за температури 298 К маса зразка ВМС стала 3,1 г. Обчислити ступінь набрякання даної ВМС у відсотках.

Алгоритм рішення:

Обчислюємо ступінь набрякання ВМС у відсотках за формулою:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \%;$$

де m_0 – початкова маса або об'єм полімеру,

m – маса або об'єм після поглинання розчинника.

$$\alpha = \frac{3,2 - 2,4}{2,4} \times 100 \% = 29,16 \%$$

Відповідь. 29,16 %.

2. Обчислити в'язкість розчину ВМС із густиною 1040,0 кг/м³ за температури 298 К, якщо час витікання його із віскозиметра Оствальда у 2,5 разів більший, ніж для води. Густина води за цієї температури дорівнює 998,04 кг/м³, в'язкість – 0,8938×10⁻³ Па·с.

Алгоритм рішення:

Обчислюємо в'язкість розчину ВМС за формулою:

$$h = \frac{h_0 r t}{r_0 t_0}$$

Знаючи, що $\tau / \tau_0 = 2,5$, тоді:

$$\eta = 0,8938 \times 10^{-3} \times 1040,0 \times 2,5 / 998,04 = 2,33 \times 10^{-3} \text{ (Па·с)}$$

Відповідь: $\eta = 2,33 \times 10^{-3}$ (Па·с).

3. Обчислити середню молярну масу ВМС (у кг/моль), якщо характеристична в'язкість його розчину у толуені за температури 293 К дорівнює 2,44×10⁻³ м³/моль, а константи рівняння Штаудингера дорівнюють: $K = 1,61 \times 10^{-5}$, $\alpha = 0,7$.

Алгоритм рішення:

Обчислюємо молярну масу ВМС за рівнянням Марка–Куна–Хаувінка:

$$[\eta_{\text{хар}}] = KM^\alpha$$
$$M^\alpha = \frac{[\eta]}{K} = \frac{2,44 \times 10^{-3}}{1,61 \times 10^{-5}} = 1,516 \times 10^2$$
$$M = \sqrt[0,7]{151,6} = 1303,0.$$

Відповідь. $M = 1303,0$ кг/моль.

4. Ізоелектрична точка гемоглобіну лежить при рН 6,5. До якого електрода будуть переміщуватись частинки гемоглобіну під час електрофорезу в буферному розчині, що складається з 73,0 см³ 0,2 М розчину CH₃COOH і 122,0 см³ 0,1 М розчину CH₃COONa? Константа дисоціації CH₃COOH дорівнює $1,75 \times 10^{-5}$.

Алгоритм рішення:

Обчислюємо рН ацетатного буферного розчину за рівнянням Гендерсона–Гассельбаха:

$$\text{pH} = \text{pKa} + \lg \frac{v_c}{v_k} = \text{pKa} + \lg \frac{C_c V_c}{C_k V_k};$$
$$\text{pH} = -\lg 1,75 \times 10^{-5} + \lg (0,1 \times 122,5 / 0,2 \times 73,0) = 4,757 + \lg (12,2 / 14,6) = 4,679.$$

Відповідь. Оскільки рН буферного розчину менше рН_{ІЕТ}, то частинки гемоглобіну матимуть позитивний заряд $\text{H}_3\text{N}^+ - \text{R} - \text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{N}^+ - \text{R} - \text{COOH}$ і під час електрофорезу будуть переміщуватись до негативно зарядженого електрода – катода.

5. Обчислити питому в'язкість розчину казеїну з густиною 1103,0 кг/м³, якщо час витікання його із віскозиметра Оствальда за температури 295 К дорівнює 28,0 с, а дистильованої води – 10,0 с. Густина води за цієї температури дорівнює 998,50 кг/м³, в'язкість – $1,005 \times 10^{-3}$ Па·с.

Алгоритм рішення:

1. Обчислюємо відносну в'язкість розчину ВМС за формулою:

$$h = \frac{h_0 r t}{r_0 t_0}.$$
$$\eta_{\text{від.}} = \frac{1,005 \times 10^{-3} \times 1103,0 \times 28,0}{998,5 \times 10} = 3,11 \times 10^{-3} \text{ (Па} \cdot \text{с)}$$

2. Обчислюємо питому в'язкість розчину ВМС за формулою:

$$\eta_{\text{пит.}} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \eta_{\text{від.}} - 1$$
$$\eta_{\text{пит.}} = \frac{3,11 \times 10^{-3}}{1,005 \times 10^{-3}} - 1 = 2,09 \text{ (Па} \cdot \text{с)}$$

Відповідь. $\eta_{\text{пит.}} = 2,09$ Па·с.

8.2. Ситуаційні задачі для самоконтролю:

1. Що є основним чинником термодинамічної стійкості розчинів ВМС?
2. Що відбувається під дією високих концентрацій нейтральних солей на розчини ВМС?
3. Як називається здатність розчинів ВМС відновлювати структуру гелю після механічного перемішування?

4. У процесі біосинтезу в клітинах рослин і живих організмів утворюються макромолекули білків. Визначте, продуктами якої реакції вони є.

5. Макромолекули альбумінів яєчного білка мають сферичну або еліпсоїдну форму, вони згорнуті в щільну компактну структуру. Вкажіть структурний тип даних макромолекул.

6. Висолювання і застигання білків найбільш доцільно проводити тоді, коли біополімери знаходяться в ізоелектричному стані. Вкажіть значення рН, яке відповідає такому стану.

7. Однією з важливих фізико-хімічних властивостей розчинів біополімерів є термодинамічна стійкість. Зазначте причину цієї властивості.

8. Електрофорез різних розчинів білка є одним із методів визначення ізоелектричної точки білка. Вкажіть фактор, що визначає рухливість макромолекули білка в даному методі.

9. При зниженні розчинності в розчинах високомолекулярних сполук спостерігається процес злиття водних оболонки розчинних молекул біополімерів. Вкажіть назву даного процесу.

10. У 1911 р. Доннан запропонував рівняння, яке пояснює вплив концентрації різних речовин на життєдіяльність клітини, величину біопотенціалів та ін. Вкажіть процес, який описує дане рівняння.

11. Фракційне осадження білків сироватки крові проводять методом висіву зі збереженням нативної структури. Вкажіть медичні препарати, які можуть бути отримані даним чином.

8.3. Ситуаційні тести для визначення кінцевого рівня знань:

1. Основним чинником термодинамічної стійкості розчинів ВМС є:

A. Велика молярна маса.

C. Ліофобність.

B. Ліофільність.

D. Просторова будова.

2. Дія високих концентрацій нейтральних солей на розчини ВМС спричиняє їх:

A. Коагуляцію.

C. Висолування.

B. Коацервацію.

D. Флокуляцію.

3. Здатність розчинів ВМС відновлювати структуру гелю після механічного перемішування називається:

A. Синерезис.

C. Коацервація.

B. Тиксотропія.

D. Висолування.

4. Вибрати ознаки, що за сучасними теоретичними поглядами характеризують розчини ВМС: 1 – гомогенні, 2 – гетерогенні, 3 – істинні, 4 – грубодисперсні, 5 – молекулярної будови, 6 – міцелярної будови.

A. 1, 3, 5.

B. 2, 4, 6.

C. 1, 3, 6.

D. 2, 4, 5.

5. Вибрати правильне визначення ізоелектричної точки (ІЕТ) білка:

A. Це стан макромолекули білка, в якому вона не має заряду.

B. Це значення рН розчину, при якому білкова молекула має позитивний заряд.

C. Це значення рН розчину, при якому сумарний заряд білкової молекули дорівнює нулю.

D. Це значення рН розчину, при якому білкова молекула має негативний заряд.

6. Вказати, як зміниться при набуханні об'єм полімерного зразка та об'єм системи полімер–розчинник у цілому:
- A. Об'єм зразка та об'єм системи в цілому зменшуються.*
B. Об'єм зразка та об'єм системи в цілому збільшуються.
C. Об'єм зразка збільшується, а об'єм системи в цілому зменшується.
D. Об'єм зразка зменшується, а об'єм системи в цілому збільшується.
7. Вказати, при яких значеннях рН розчину набухання білка в ньому буде мінімальним:
- A. $pH > IET$.* *B. $pH < IET$.* *C. $pH = IET$.* *D. $pH = 7$.*
8. Вихідна низькомолекулярна речовина, з якої синтезовано полімер, називається:
- A. Елементарною ланкою.* *C. Структурною ланкою.*
B. Мономером. *D. Найпростішою ланкою.*
9. До біополімерів не належить:
- A. Крохмаль.* *B. Глікоген.* *C. Азбест.* *D. Білки.*
10. До складу білків входить:
- A. Нітроген.* *B. Цезій.* *C. Стронцій.* *D. Барій.*
11. Дана схема: $n(\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2) \rightarrow [-\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2-]_n$ відповідає реакції:
- A. Полімеризації.* *C. Сополімеризації.*
B. Поліконденсації. *D. Ізомеризації.*
12. Згортання спіралі в клубок "глобулу" характеризує:
- A. Первинну структуру білка.* *C. Вторинну структуру білка.*
B. Третинну структуру білка. *D. Четвертинну структуру білка.*

9. Рекомендації до оформлення результатів роботи

- Опрацювати теоретичний матеріал за даною темою (див. п. 7), вивчити формули, визначення, алгоритми вирішення навчальних питань аудиторної та самостійної роботи і результати занести у робочий зошит. Оформити протокол лабораторної роботи, зробити висновки щодо впливу полімерів як захисних речовин на стійкість колоїдних розчинів.
- Ознайомитися з алгоритмами рішення та оформлення ситуаційних задач (див. п. 8.1).
- Самостійно розрахувати (див. п. 8.2), визначити ізоелектричну точку білків, ступінь набухання, стійкість ВМС до електролітів, захисну дію розчинів ВМС, застосувати мембранну рівновагу Доннана для оцінки розподілу електролітів у живих системах.
- Самостійно вирішувати ситуаційні тести для визначення кінцевого рівня знань (див. п. 8.3).
- Самостійно переглянути акредитований у ННІ ЯО ХНМУ дистанційний курс з Медичної хімії: <https://distance.knmu.edu.ua/course/view.php?id=487> за темою заняття. Особливу увагу звернути на наочні матеріали <https://distance.knmu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=34031> та відео лабораторної роботи <https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=34008>.
- Алгоритми вирішення навчальних питань аудиторної та самостійної роботи і результати занести у робочий зошит.

10. Лабораторні роботи

"Визначення захисних властивостей біополімерів"

1. Приготування колоїдних розчинів гідроксиду заліза із додаванням різних об'ємів розчину желатину.

2. Вивчення коагуляції отриманих розчинів при додаванні електроліту.

3. Розрахунок порогу коагуляції при відсутності й за наявності полімеру.

Методика виконання експерименту:

лазурі з позитивним зарядом. До першої пробірки додають 0,2 мл 0,1 % розчину желатину або 0,5 % розчину крохмалю, а потім до кожної наступної пробірки – на 0,2 мл більше. До шостої пробірки полімер не додають (контрольна пробірка). Через 2–3 хв до кожної пробірки краплями при струшуванні з бюретки додають розчин сульфату натрію з $C_{(Na_2SO_4)} = 0,05$ моль/л до настання коагуляції.

Результати роботи заносять до таблиці:

№ пробірки	Об'єм полімеру, мл	Об'єм розчину Na_2SO_4 , мл	Поріг коагуляції, ммоль/л
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Поріг коагуляції розраховують за формулою:

$$C_k = C_{\text{електр}} \times V_{\text{електр}} \cdot 1000 / V_{\text{золю}} + V_{\text{електроліту}}$$

Порівняти отримані результати, зробити висновки про вплив полімерів на стабільність золю. Написати формулу золю.

Спостереження: _____

Висновки: _____

10. Література

Основна:

1. Медична хімія : підручник / В. О. Калібабчук, І. С. Чекман, Г. О. Сирова, В. І. Галинська та ін. ; за ред. проф. В. О. Калібабчук 4-е вид. Київ : ВСВ "Медицина", 2019, 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації).
2. Медична хімія : навч. посіб. / І. В. Завгородній, Г. О. Сирова, Н. М. Ткачук та ін. ; за ред. Завгороднього І. В. та Сирової Г. О. Харків : Екограф, 2010. 268 с.
3. Медична хімія : навч. посіб. / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна та ін. ; за ред. Г. О. Сирової Харків : Екограф, 2015. 202 с.
4. Мороз А. С., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія. 2-е вид., стереотип. Вінниця : Нова книга, 2008. 776 с.
5. Medical chemistry: textbook / V. O. Kalibabchuk, V. I. Halynska, L. I. Hryshchenko et al. ; edited by V. O. Kalibabchuk 5th edition, corrected. Kyiv : AUS Medicine Publishing, 2017. 224 p.
6. Syrovaya A. O., Grabovetskaya E. R., Shapoval L. G. Fundamentals of medical chemistry : manual for students' self-work. Kharkiv : KhNMU, 2015. 196 p.
7. Syrovaya A. O., Grabovetskaya E. R., Shapoval L. G. Medical chemistry. Adapted concise course : manual for students' self-work. Kharkiv : KhNMU, 2013. 160 p.
8. Sriram D., Yogeewari P. Medicinal Chemistry. Pearson India, 2009. 712 p.
9. Frank D. King. Medicinal Chemistry : Principles and Practice. Royal Society of Chemistry, 2002. 448 p.

Допоміжна:

1. Миронович Л. М., Мардашко О. О. Медична хімія : навч. посіб. Київ : Каравела, 2007. 168 с.
2. Медична хімія (в таблицях, схемах, питаннях, відповідях, прикладах) : навч. посіб. / О. В. Смірнова, Н. В. Заїчко, А. В. Мельник, О. Г. Сулім. Вінниця, 2018. 133 с.
3. Порецький А. В., Баннікова-Безродна О. В., Філіппова Л. В. Медична хімія : підручник. Київ : ВСВ "Медицина", 2012. 384 с.
4. Гробовий П. М., Загричук Г. Я., Фальфушинська Г. І. Основи хімії елементів. Тернопіль : В-во Капюка, 2001. 267 с.
5. Біофізична та колоїдна хімія / А. С. Мороз, Л. П. Яворська, Д. Д. Луцевич та ін. Вінниця : Нова книга, 2007. 600 с.
6. Фізична та колоїдна хімія / В. І. Кабачний, Л. К. Осипенко, Л. Д. Грицан та ін. Харків : Прапор, 1999. 368 с.
7. Мороз А. С., Ковальова А. Г. Фізична та колоїдна хімія : навч. посіб. для студентів мед. вузів. Львів : Світ, 1994. 279 с.
8. Левітін Є. Я., Бризицька А. М., Ключова Р. Г. Загальна та неорганічна хімія. Вінниця : Нова книга, 2003. 464 с.
9. Inorganic Chemistry: manual / V. O. Kalibabchuk, V. V. Ogurtsov, V. V. Emelianov, V. I. Galinska et al. Kiev : VCB "Medicine", 2017. 300 p.

Начальне видання

**ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БІОПОЛІМЕРІВ.
ІЗОЕЛЕКТРИЧНА ТОЧКА БІЛКА**

**Методичні вказівки
для здобувачів освіти 1-го курсу
за спеціальностями "Медицина" та "Педіатрія"**

Видання II, перероблене та доповнене

Упорядники Сирова Ганна Олегівна
 Лук'янова Лариса Володимирівна,
 Савельєва Олена Валеріївна,
 Козуб Світлана Миколаївна,
 Чаленко Наталія Миколаївна,
 Присяжний Олександр Васильович

Відповідальний за випуск Л. В. Лук'янова



Редактор Н. І. Дубська
Коректор Н. І. Дубська
Комп'ютерна верстка О. Ю. Лавриненко

Формат А4. Ум. друк. арк. 3,5. Зам. № 25-39.

**Редакційно-видавничий відділ
ХНМУ, пр. Науки, 4, м. Харків, 61022
izdatknmurio@gmail.com, vid.redact@knu.edu.ua**

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавництв, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серії ДК № 3242 від 18.07.2008 р.