

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БІОПОЛІМЕРІВ.
ІЗОЕЛЕКТРИЧНА ТОЧКА БІЛКА.
ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ
«ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ»**

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів I курсу з дисципліни
«Медична хімія»

Затверджено
Вченою радою ХНМУ
Протокол №9 від 21.09.2017

Харків 2017

Властивості розчинів біополімерів. Ізоелектрична точка білка. Захист курсової роботи «Хімія біогенних елементів»: Метод. вказ. для студентів 1-го курсу / уклад. Г. О. Сирова, О. О. Завада, Л. В. Лук'янова, та ін. – Харків: ХНМУ, 2017. – 36 с.

Укладачі:

Г. О. Сирова

О. О. Завада

Л. В. Лук'янова

В. М. Петюніна

В. О. Макаров

С. В. Андрєєва

С. М. Козуб

Т. С. Тішакова

О. Л. Левашова

О. В. Савельєва

Н. М. Чаленко

Н. В. Копотєва

О. С. Каліненко

М. О. Водолаженко

**ТЕМА ЗАНЯТТЯ:
ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БІОПОЛІМЕРІВ.
ІЗОЕЛЕКТРИЧНА ТОЧКА БІЛКА.
ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ «ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ»**

1. **Кількість годин – 4**
2. **Матеріальне та методичне забезпечення теми.**

Таблиці:

1. Графологічна структура теми.
2. Будова молекул білка.
3. Гідратація полярних груп.
4. Ізоелектрична точка деяких білків.
5. Застигання полімерів.
6. Синерезис.
7. Мембранна рівновага Доннана.

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. – К.: ВСВ «Медицина», 2016. – 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. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

3. Робочий зошит для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» Харків, ХНМУ, 2017. – 68 с.

4. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» за темою: «Властивості розчинів біополімерів. Ізоелектрична точка білка. Захист курсової роботи «Хімія біогенних елементів».

5. Конспект лекції.

Лабораторний посуд та реактиви для проведення лабораторної роботи «Захист колоїдних розчинів від коагуляції розчинами високомолекулярних сполук» з вивчення впливу полімерів на стійкість золю (штатив із пробірками, бюретка, піпетки, золь гідроксиду феруму(III), 0,1% розчин крохмалю, розчин сульфату натрію, $C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,05$ моль/л).

3. **Обґрунтування теми.** Високомолекулярні природні сполуки – біополімери – є структурною основою всіх живих організмів і відіграють важливу роль в 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 клітки. 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 в передачі генетичної інформації і 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.).

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 ізoeлектричної точки;

а) **знати:** класифікацію ВМС, склад найважливіших біополімерів, механізм набухання білків і фізіологічне значення цього явища, процес формування та фізико-хімічні властивості гелів.

б) **вміти:** визначити ізoeлектричну точку білків, ступінь набухання, стійкість ВМС до електролітів, захисну дію розчинів ВМС, застосувати

мембранну рівновагу Доннана для оцінки розподілу електролітів в живих системах.

в) практичні навички.

– визначати ізоелектричну точку білків, ступінь набухання, стійкість ВМС до електролітів, захисну дію розчинів ВМС;

– застосовувати мембранну рівновагу Доннана для оцінки розподілу електролітів в живих системах.

5. Граф логичної структури теми:



6. Орієнтована карта роботи студентів

№ з/п	Етапи	Час у хв.	Навчальні й наочні приладдя	Місце проведення
1.	Вхідний контроль знань студентів	20	Тести (Вхідний контроль)	Навчальна кімната
2.	Мотиваційна характеристика та план теми. Відповіді на питання студентів	35	Навчальний посібник (робочий зошит)	
3.	Самостійна робота студентів з методичною літературою, рішення навчальних завдань	35	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці	
4.	Обговорення порядку виконання лабораторної роботи	10	Навчальний посібник (робочий зошит)	
5.	Виконання лабораторної роботи й оформлення протоколу	35	золь гідроксиду заліза (III) або берлінської лазурі з позитивним зарядом, 0,1 % розчин желатину або 0,5 % розчину крохмалю, розчин сульфату натрію	
6.	Захист лабораторної роботи	20		
7.	Тестовий контроль	20	Тести	
8.	Аналіз і підведення підсумків заняття	4		
9.	Домашнє завдання	1		

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) у порівнянні з істинними та колоїдними розчинами.
4. Фактори стабільності розчинів ВМС. Висолювання, коацервація. Денатурація.
5. Методи визначення ізоелектричної точки білків.
6. Гелі (драглі), їх утворення, властивості. Поняття синерезису, тиксотропії.
7. Вплив природи ВМС, концентрації, рН, температури, електролітів на гелеутворення (драглювання).

1. Визначення ВМС та їх класифікація за походженням, просторовою будовою, хімічним складом, способом одержання

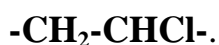
Слово "полімер" (від грецького *polus* – багато і *teros* – частина, сегменти) означає – багато сегментів. Цей термін охоплює всі речовини, молекули яких побудовані з безлічі елементів, або ланок.

Полімери або *високомолекулярні сполуки (ВМС)* – це 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:



ланкою, що повторюється є фрагмент:



Молекулярна маса ВМС не менш 10000 а.о.м. Розмір макромолекул у сотні або тисячі разів більший, ніж у звичайних молекул, такі молекули називають макромолекулами.

Молярні маси ВМС знаходяться в межах $10^4 < M < 10^6$ г/моль.

Ступінь полімеризації – це важлива характеристика ВМС, яка дорівнює числу елементарних ланцюгів у макромолекулі. Наприклад, структурну формулу полівінілхлориду можна записати в компактному вигляді:



де **n** – ступінь полімеризації. Полімери з низьким ступенем полімеризації називають олігомерами.

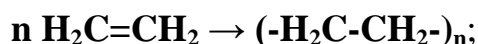
За походженням виділяють полімери:

- *природні (біополімери)* – білки, вуглеводні, нуклеїнові кислоти і т.п.;
- *штучні* – каучук, гутаперча, ацетат целюлози. Штучні полімери отримують з природних полімерів шляхом їх хімічної модифікації. Наприклад, при обробці целюлози нітратною кислотою отримують її ефір – нітроцелюлозу;
- *синтетичні* – поліетилен, поліпропілен, синтетичні волокна – найлон, поліакрил і т.п. Синтетичні полімери отримують синтезом з низькомолекулярних речовин – мономерів. Мономери – це речовини, кожна молекула яких здатна утворювати одну або кілька складових ланок.

За способом одержання:

- *полімеризаційні*. Полімеризація – це реакція утворення полімеру з молекул мономера без виділення низькомолекулярних побічних продуктів. Елементний склад мономерної молекули *не відрізняється* від елементного складу полімерної молекули.

Приклад. Реакція полімеризації етилену:



- *конденсаційні*. Поліконденсація – це реакція утворення полімеру з мономерів з одночасним утворенням побічних низькомолекулярних продуктів реакції (води, амоніаку, спирту та ін.). Елементний склад мономерної молекули *відрізняється* від елементного складу полімерної молекули. Наприклад, білок є

За просторовою будовою:

- *лінійні* (каучук, целюлоза);
- *розгалужені* (фракція крохмалю – амілопектин, деякі синтетичні волокна);
- *сітчасті або просторові* (глікоген, глобулярні та фібрилярні білки).

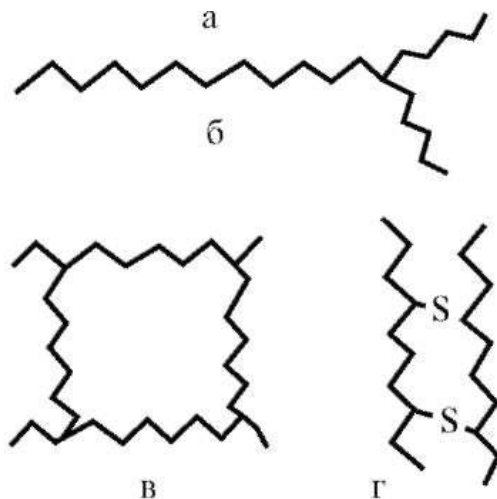
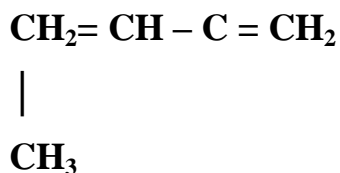


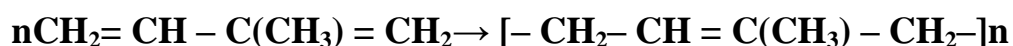
Рис. 1. Схеми будови макромолекул полімерів: а – лінійного; б – розгалуженого; в – просторового; г – зшитого

Натуральний каучук – природний полімер, загальна формула $-(C_5H_8)_n$; з молекулярною масою від 15 000 до 500 000, його містить сік деяких тропічних дерев (Гевеї бразильської та інш.). Сік дерев (латекс), для отримання каучуку коагулюють різними способами (наприклад, дією кислот).

Натуральний каучук має лінійну будову та високу еластичність. Було встановлено, що структурна одиниця натурального каучуку – ізопренова група:



З'єднавшись між собою, такі групи утворюють макромолекулу каучука:



Високомолекулярні вуглеводи (полісахариди). Високомолекулярні вуглеводи представляють собою основну складову органічної матерії в біосфері планети. Вони виступають в ролі структурних компонентів клітин та тканин,

енергетичного резерву (крохмаль, целюлоза, глікоген, хітин, інουλін, камеді та пектинові речовини). Полісахариди утворюються при поліконденсації моносахаридів, в основному глюкози й деяких її похідних. У печінці й м'язах знаходиться тваринний крохмаль – глікоген, мономером якого є α -глюкоза. Важливу роль в організмі відіграють гетерополісахариди сполучної тканини (гіалуронова кислота, гепарин, хондроїтин-сульфат), утворені із залишків різних похідних глюкози.

Крохмаль – поширений у природі полісахарид, що грає 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 простотою будовою. Молекули амілози побудовані лінійно, а молекули амілопектину мають бокові відгалуження.

Целюлоза – головна складова частина оболонки рослинних клітин. Целюлоза – полісахарид, до складу якого входять залишки β -D-глюкози (β , -D-глюкопіранози), які з'єднані між собою β -(1,4)-глікозид-глікозидними зв'язками. Целюлоза – 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 з одним за рахунок численних міжмолекулярних водневих зв'язків між гідроксильними групами. Лінійна структура целюлози призводить до утворення таких волокнистих матеріалів, як хлопок, льон.

Білки та нуклеїнові кислоти. Білки – це природні високомолекулярні органічні речовини, макромолекули яких побудовані з величезної кількості залишків α -амінокислот, що з'єднані між собою пептидними зв'язками ($-\text{CO}-\text{NH}-$)_n. В організмі людини є близько 5 мільйонів різних білків, що

відрізняються послідовністю сполучення амінокислот, а також просторовою будовою ланцюгів.

Нуклеїнові кислоти – природні ВМС, що виконує функцію зберігання і передачі спадкової інформації, молекулярна маса:

$$25\ 000 < M < 1\ 000\ 000 \text{ (г/моль)}.$$

Мономерна ланка нуклеїнових кислот – *нуклеотиди*, до складу нуклеотидів входять:

- 1) моносахарид – рибоза або дезоксирибоза;
- 2) нітро основа – пуринова або піримідинова;
- 3) залишок фосфорної кислоти.

Якщо до складу молекул полімеру входить рибоза, утворюються *рибонуклеїнові кислоти* (РНК), а якщо дезоксирибоза – *дезоксирибонуклеїнові кислоти* (ДНК).

Структурна організація біополімерів.

Первинна структура визначається послідовністю розташування залишків молекул мономерів у полімерному ланцюзі.

Просторове розташування полімерного ланцюга визначає *вторинну* структуру ВМС. 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.

За формою макромолекул та розчинності у воді білки діляться на два великих класи – глобулярні й фібрилярні. Такий розподіл склався історично й продовжує використовуватись дотепер.

Для глобулярних білків більше характерна спіральна структура, ланцюги їх вигнуті в просторі так, що макромолекула здобуває форму, близьку до сферичної. Глобулярні білки розчиняються у воді. Приклади глобулярних білків – альбумін (яєчний білок), глобін (білкова частина гемоглобіну), міоглобін.

Фібрилярні білки мають структуру складчастого аркуша. Вони мають як правило волокнисту будову, не розчиняються у воді. До них належать широко розповсюджені білки – α -кератин (волосся, рогова тканина), міозин (мускульна тканина).

Поліпептидний ланцюг з елементами тієї або іншої вторинної структури здатний здобувати певну просторову будову, тобто утворювати *третинну* структуру. При цьому у взаємодію вступають радикали α -амінокислотних залишків, що є у поліпептидному ланцюзі, і зближені в просторі за рахунок його вигинів. Поряд з 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. При взаємодії декількох субодиниць утворюється *четвертинна* структура білка. Ця взаємодія здійснюється за рахунок водневих зв'язків і гідрофобної взаємодії.

2. Механізм утворення розчинів ВМС. Фактори, які впливають на процес набухання. Ступінь набухання

Полімери здатні розчинятися в низькомолекулярних речовинах. Великі розміри макромолекул вносять ряд особливостей в процес розчинення та властивості розчинів. Взаємне перемішування молекул полімеру та розчинника завжди протікає зі зменшенням вільної енергії. Розчини ВМС, як і розчини низькомолекулярних сполук (НМС), є гомогенними, термодинамічно рівноважними і агрегативно стійкими системами. *Це істинні розчини.*

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. Однак при багаторазовому збільшенні об'єму полімер зберігає свою форму. Це явище, відоме під назвою набухання. Перша стадія розчинення будь-якого полімеру є *набуханням*.

Набухання (набрякання) – це збільшення об'єму полімеру при поглинанні ним розчинника. Цей процес відбувається у дві стадії. *На першій стадії* 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. *На другій стадії* 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.

Якщо полімер розчиняється у воді, добре, то його набрякання закінчується розчиненням. Таке набрякання називають *необмеженим*. Якщо ж розчинність полімеру невелика, відбувається обмежене набрякання, при якому поглинається певна кількість розчинника, після чого об'єм перестає збільшуватися. Обмежене набрякання закінчується утворенням *гелю*.

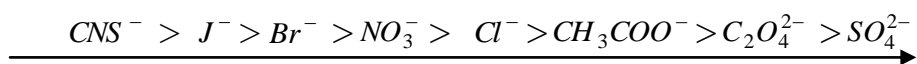
Фактори, які впливають на процес набухання:

- 1. Температура та тиск* (за принципом Ле-Шательє).
- 2. Природа розчинника та полімера*, 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 в близьких по полярності розчинниках.

4. *Молекулярна маса полімеру.* Збільшення молекулярної маси полімеру призводить до зменшення здатності до набухання та розчинення в одному та тому ж розчиннику.

5. *pH середовища.* Найменше набухання та розчинення поліелектролітів відповідає ізоелектричній точці, вище або нижче цієї точки набухання і розчинення збільшується.

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 ліотропні ряди:



ступінь набухання зменшується

Кількісною мірою набухання є ступінь набухання α , яка може мати об'ємне або масове вираження:

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0}; \alpha = \frac{m - m_0}{m_0};$$

де V_0 , V , m_0 , m – відповідно об'єми та маси вихідного та набряклого полімеру.

Більш точним є визначення « α » по її масовому виразу, так як в цьому випадку результати вимірів не залежать від явища контракції. *Контракція* полягає в тому, що об'єм розчину (суміші) двох рідин виявляється меншим, ніж сума об'ємів взятих рідин.

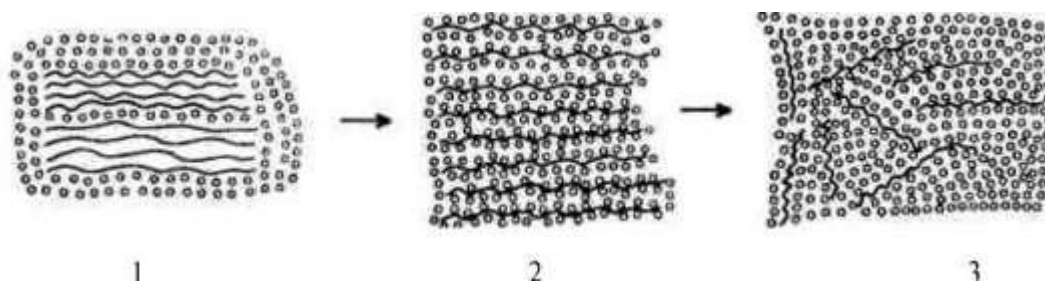


Рис. 2. Взаємодія розчинника з полімером: 1 – міжструктурне набухання; 2 – внутрішньоструктурне набухання; 3 – розчинення

3. Властивості розчинів ВМС: молекулярно-кінетичні, оптичні, електрокінетичні у порівнянні з істинними та колоїдними розчинами

Розчини високомолекулярних сполук являють собою істинні розчини, термодинамічно стійкі й зворотні, 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.

Властивості розчинів ВМС, характерні для колоїдних розчинів:

- Розмір часток (молекул ВМС) відповідає розміру колоїдних частинок (10^{-7} - 10^{-9} м);
- Розчини ВМС не проходять через напівпроникні мембрани;
- Явище світлорозсіювання (розмитий конус Тиндаля);
- Здатність до коагуляції;
- Повільно дифундують.

Властивості розчинів ВМС, характерні для істинних розчинів:

- Гомогенність;
- Термодинамічна стійкість;
- Самочинність утворення (розчиняються в певних рідинах, не вимагаючи стабілізаторів);
- Оборотної коагуляції.

Так само як колоїдам, деяким біополімерам (білкам, нуклеїновим кислоти) властиве явище електрофорезу, обумовлене наявністю в них у водному середовищі електричного заряду. Однак цей заряд виникає не внаслідок наявності в частинках дифузійного шару, а в результаті дисоціації полярних груп молекул у водному розчині.

За допомогою електрофорезу можна виділити і дослідити окремі фракції білків плазми крові. Цей метод використовується для діагностики багатьох захворювань, при яких змінюється білкова сполука крові.

При зіткненні молекул ВМС внаслідок теплового руху між окремими ділянками різних макромолекул утворюються зв'язки, які сприяють виникненню асоціатів: це можуть бути іонні, ковалентні, водневі зв'язки, а також гідрофобна взаємодія.

Асоціати не існують постійно: вони виникають в одному місці, потім розпадаються й знову утворюються в іншому. Утворення асоціатів є основною причиною аномальної в'язкості розчинів ВМС (вона набагато більша, ніж у істинних і колоїдних розчинів). Велика в'язкість розчинів ВМС обумовлена їх високою гідрофільністю, макромолекули міцно пов'язані з молекулами розчинника. На в'язкість також впливає форма молекул. Якщо макромолекули розташовані перпендикулярно потоку, то ефект опору найбільший, якщо уздовж потоку – опір найменше. При збільшенні тиску частинки орієнтуються уздовж потоку і в'язкість зменшується. У більш концентрованих розчинах полімерів утворюються просторові структурні сітки, що збільшують в'язкість розчинів. В'язкість розчинів полімерів залежить від їхньої молекулярної маси, тому вимір в'язкості використовують для визначення молекулярних мас ВМС.

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 викликають відхилення (флуктуації) показника заломлення від його середнього значення. Явище розсіювання світла лежить в основі оптичного методу визначення молекулярної маси полімерів. Застосування явища розсіювання 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.

4. Фактори стабільності розчинів ВМС. Висолювання, коацервація.

Денатурація

Порушити стійкість розчинів полімерів можна шляхом погіршення розчинності ВМС. Це можна досягти зниженням ліофільності полімеру за рахунок видалення сольватних оболонок за допомогою додавання десольватуючих агентів – електrolітів або шляхом додавання рідин, які погано розчиняють даний полімер.

При додаванні великих кількостей електrolітів спостерігається виділення високомолекулярних речовин з розчину. Оскільки як електrolіти зазвичай використовують солі, процес називається висолюванням.

Висолювання – це виділення в осад розчиненої речовини, спостерігається при додаванні до розчину ВМС великих кількостей електrolітів (частіше солей). Якщо для коагуляції золів потрібно мізерно мала кількість електrolітів (ммоль/л), то для висолювання ВМС витрачаються дуже великі кількості солей (нерідко концентрація досягає насичення). Висолювання пояснюється зменшенням розчинності речовин у концентрованому розчині електrolіту за аналогією з подібними явищами в розчинах низькомолекулярних речовин. При додаванні великих кількостей електrolітів 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.

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. *Коацервація* – злиття водних оболонок декількох частинок без об'єднання самих частинок.

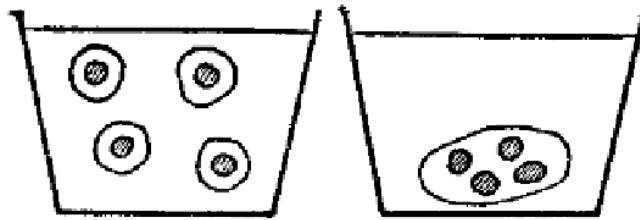


Рис. Схема коацервації

Виникнення коацерватів з білкових молекул є важливим елементом теорії походження життя на Землі. Коацервація може супроводжуватися утворенням нуклеопротейдів, ліпопротейнів і комплексів, що становить значний інтерес для біохіміків.

Практична важливість коацервації зросла в 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.

Денатурація – 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.

5. Методи визначення ізоелектричної точки білків

Молекула білка має електричний заряд, обумовлений дисоціацією іоногенних груп (-COOH) і (-NH₂), які знаходяться на кінцевих амінокислотах, а також дикарбонових та діамінових амінокислотах, які знаходяться в середині поліпептидної ланки. В процесі дисоціації утворюється біполярний іон, що має позитивний та негативний заряд.

Заряд білкової молекули залежить від величини рН розчину, у якому знаходиться білок. При зменшенні рН збільшується позитивний, а при збільшенні – негативний заряд: стан, у якому число позитивно й негативно заряджених груп у білковій молекулі однакове й, отже, сумарний заряд молекули дорівнює нулю, називається ізоелектричним станом, а відповідне значення рН – *ізоелектричною точкою (IET) білка*. В ізоелектричному стані молекули білка не переміщуються в електричному полі. Ізоелектрична точка є важливою характеристикою білків. Кожний білок має свою індивідуальну IET.

Від реакції середовища та характеру дисоціації білкової молекули залежить її форма в розчині. При дисоціації іоногенних груп тільки по кислотному або тільки за основним типом у спіралі пептидного ланцюга з'являться однойменні заряди, розподілені по всій її довжині. За рахунок електростатичних сил відбувається відштовхування та витки спіралі будуть розсуватися, а макромолекула буде розтягуватися.

В ізоелектричному стані заряди протилежного знака чередуються 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.

Ізоелектричні точки деяких білків

Білок	ІЕТ
Пепсин шлункового соку	2,00
Казеїн молока	4,60
Яєчний альбумін	4,71
γ -Глобулін крові	6,40
Фібриноген крові	5,40
Гемоглобін	6,68
Хімотрипсин соку підшлункової залози	8,60
Рибонуклеаза	9,50
Цитохром С	10,70

Способи визначення ізоелектричної точки білка:

- *за електрофоретичною рухливістю:* досліджуваний білок піддають електрофорезу в буферних розчинах з 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, в них вносять рівні кількості досліджуваного білка і додають спирт; найбільш виражене помутніння відбудеться в пробірці з буфером, рН якого збігається з рН ІТЕ 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 в ряд пробірок і доливають рівні об'єми буферних розчинів з різним значенням рН. Найбільше набухання білка з'являється в пробірці, де рН середовища буде найближче до рН ІЕТ белка.

6. Гелі (драглі), їх утворення, властивості. Поняття синерезису, тиксотропії.

Розчини ВМС та колоїдні розчини за певних умов здатні перетворюватися в нетекучі структуровані системи – гелі та драглі. Це відбувається за рахунок збільшення кількості молекулярних зв'язків між частинками з утворенням сітчастої структури, комірки якої заповнюються розчинником. Вважається, що гелі утворюються з колоїдних розчинів, а драглі – з розчинів ВМС. Однак різниця між гелями і драглями умовна. Причиною утворення гелів є виникнення слабких зв'язків між кінцями колоїдних частинок (де подвійний електричний шар і гідратна оболонка менш розвинені) з формуванням просторової сітки, яка, подібно до губки, захоплює молекули води. Утворення драглів обумовлюється виникненням поперечних зв'язків між ланцюгами полімерів з формуванням сітчастої структури, що утримує молекули води.

Гелі та драглі одержуються двома способами:

– *желатинізацією (застиганням)*. Це перехід рідкого розчину в гель чи драгль. Наприклад, застигання гарячого розчину желатину веде до утворення драглю.

– *набуханням ксерогелів (сольватація сухих гелів)*. Поглинання води частинками ВМС призводить до їх набухання з можливістю злиття набухлих частинок в суцільну систему. Так, при додаванні води до крохмалю, сухого клею, агар-агару, пектину відбувається утворення клейстеру.

Драглі – це системи "полімер – розчинник", що характеризуються великими оборотними деформаціями при практично повній відсутності в'язкої течії. Для цих систем іноді застосовують термін "гелі", який в колоїдній хімії позначає низькоскоагульовані золі. Історично термін "гель" вперше з'явився при дослідженні саме полімерної системи (водного розчину желатину). Драглі відрізняються від вязкотекучих розчинів полімерів такої ж концентрації структурними особливостями, які й призводять до того, що замість течії

розвиваються оборотні деформації. Ці особливості структури різноманітні, що дозволяє провести класифікацію драглів за окремими типами.

До *драглів першого типу* відносять набряклі в розчинниках сітчасті полімери наприклад, полістирол з поперечними дивінілбензольними "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 же конформаційних перетворень під дією зовнішніх навантажень, як і хімічно зшиті полімери, але верхня межа області оборотної деформації обмежується температурою плавлення кристалічних вузлів. Вище цієї температури драгли перетворюються у звичайний розчин полімеру. Прикладом драглю 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 з 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 полімераналогічних перетвореннях, наприклад, при неповному омиленні похідних целюлози.

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 по властивостях 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 типу часто утворюються з розчинів білкових речовин, при осадженні полімерів в ході їх переробки у виробі (наприклад, в хімічні волокна, зокрема при дозріванні віскози), з водних розчинів метил- і оксиетилцелюлози. При цьому фазовий розпад пов'язаний із зміною активності розчинника унаслідок введення "нерозчинника" або різкої зміни температури.

Характерною властивістю драглів є *синерезис* – це 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 більше щільного драглу й розведеного розчину полімеру називається *синерезисом* (від грецького *sinereiso* – стягати). Вплив різних факторів на процес синерезису такий ж, як на драглування. Цікаво, що після синерезису гелі та драгли 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

Синерезис має місце в процесі старіння організму. Встановлено, що з віком відбувається поступова зміна просторової будови (третинної структури) і зменшення гідратації білкових молекул. В результаті тканини стають більше твердими й менш еластичними.

Синерезису сприяють всі фактори, які сприяють коагуляції:

- збільшення концентрації електроліту в системі;
- підвищення температури;
- введення в систему десольвуючих агентів.

Більшість гелів при перемішуванні можуть розріджуватися, а потім у стані спокою знову драгливатись. Це явище називається *тиксотропією* (від грецьких слів *tixis* – струшування й *tropo* – зміна). 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 з доказів того, що структуроутворення в драглях та гелях відбувається в основному за рахунок Ван-дер-Ваальсових сил.

7. Вплив природи ВМС, концентрації, рН, температури, електролітів на гелеутворення (драгливання)

Процес драгливання залежить: від форми макромолекул, концентрації розчину, температури, рН розчину. Легше всього гелі утворюють полімери з різко вираженою асиметрією частинок.

Вплив концентрації полімеру. Підвищення концентрації сприяє застиганню розчинів полімерів, так як 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 драгли при кімнатній температурі і концентрації в 1% (мас.), а агар-агар 0,2%. Твердість

одержуваного драглю буде тим більше, чим більше концентрація вихідного розчину.

Вплив форми і величини макромолекули. Макромолекули мають здатність приймати велику кількість конформацій: від абсолютно розтягнутого стану до тугого клубка. Це пояснюється гнучкістю полімерних ланцюгів. Число 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 в дуже розбавлених розчинах.

Вплив температури. Температура дуже сильно впливає на структуроутворення. Так як 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 в 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 в трубці при нахилі її не деформується. Підвищення температури призводить до посилення теплового руху молекул, що перешкоджає драглюванню.

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 розташоване однакове число 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.

Вплив індиферентних електролітів визначається їх хімічної природою. Застигання та набухання процеси прямо протилежні, тому електроліти, які сприяють набухання, ускладнюють драгливання або роблять його неможливим. В основному на процес застигання впливають аніони.

Осмотичний тиск розчинів біополімерів. Мембранна рівновага Доннана. Осмотичний тиск розчинів білків та інших ВМС надає істотний вплив на ряд процесів в організмі. Осмотичний тиск розчинів колоїдів і ВМС менше за величиною, ніж у іонних розчинів (які при тій же масі розчиненої речовини містять більше частинок).

Онкотичний тиск – це 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 в плазмі крові значно вище, ніж в міжклітинній рідині, а стінки судин практично не пропускають великі молекули білків. Оскільки міжклітинна рідина містить значно менше білків, то і її онкотичний тиск значно менше, ніж в 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. В 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 в 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.

Осмотичний тиск в розчинах ВМС значною мірою залежить від температури і рН. Підвищення температури в розчинах ВМС збільшує осмотичний тиск в більшій мірі, ніж очікується з теоретичних розрахунків. Це пояснюється підвищенням ступеня дисоціації іоногенних груп білків та дезагрегації білків на мікроглобули.

Мембранна рівновага Доннана. Раніше вказувалося, що частинки ВМС набагато гірше проникають через напівпроникні мембрани, ніж іони низькомолекулярних електролітів. Однак наявність розчинених білків істотно впливає на розподіл електролітів по обидві сторони мембрани.

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:

$$x = \frac{C_3^2}{C_в + 2C_з}$$

де x – кількість електроліту, що перейшов у розчин білка;

$C_з$ – концентрація електроліту в зовнішній рідині;

$C_в$ – концентрація електроліту всередині клітини.

Наведене співвідношення називають мембранною рівновагою Доннана.

Якщо $C_в$ значно перевищує $C_з$, тобто якщо концентрація електроліту в зовнішній рідині невелика, то в наведеному рівнянні в чисельнику буде мала величина. При розподілі одержимо ще меншу частку, тобто в цьому випадку низькомолекулярний електроліт переважно буде перебувати в зовнішній рідині.

Якщо $C_з \gg C_в$, те в знаменнику величиною $C_в$ можна зневажити й тоді:

$$x = \frac{C_з^2}{2C_з} = \frac{C_з}{2}$$

Тобто, у клітину перейде половина електроліту, що перебуває в зовнішній рідині.

При $C_в = C_з$

$$x = \frac{C_n^2}{C_n} + 2C_n = \frac{C_n}{3C_n} = \frac{C_n}{3}$$

тобто, у цьому випадку в клітину переміститься третя частина іонів електроліту, що перебувають зовні.

Отже, якщо вміст електроліту усередині клітини й у зовнішній рідині відрізняються незначно, деяка кількість електроліту перейде в клітину.

Наприклад, при $C_v = 0,5C_3$

$$x = \frac{C_3^2}{0,5C_3} + 2C_n = \frac{C_3}{2,5C_3} = \frac{C_3}{2,5} = 0,4C_3$$

тобто, у клітку перейде 0,4 від електроліту, що знаходиться в зовнішній рідині. Це приведе до збільшення осмотичного тиску й сприятиме підтримці тургору клітин навіть у гіпотонічних розчинах.

Таким чином, мембранною рівновагою Доннана називають рівновагу, яка спостерігається в системі розчинів, розділених мембраною, непроникною хоча б для одного виду присутніх в системі іонів.

Оскільки осмотична рівновага встановлюється при нерівномірному розподілі іонів по обидві сторони мембрани, у системі повинна виникати різниця потенціалів по обидві сторони мембрани – мембранний потенціал.

Полімери медичного призначення.

Полімерні матеріали зайшли широке застосування в медицині, як деталі медичних приладів та інструментів, деталі систем переливання крові, предмети догляду за хворими, лабораторне обладнання, шток-поршні до шприців одноразового застосування, наконечники пристроїв для промивання кішківника та ін.

Цікавим також є новий напрямок в сучасній макромолекулярній хімії – це матеріали для відновної хірургії. В якості біоінертних полімерів, що найбільшійою мірою відповідають експлуатаційним вимогам, як показав досвід багатьох дослідників, використовуються поліолефіни (поліетилен, поліпропілен) фторовані поліолефіни (фторопласти), кремнійорганічні полімери силоксанового типу.

Запитання для самоперевірки

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. В 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. Висолування 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 з 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 оболонок розчинних молекул біополімерів. Вкажіть назву даного процесу.
10. У 1911 рік Доннан запропонував рівняння, яке пояснює вплив концентрації різних речовин на життєдіяльності клітин, величина біопотенціали і т.п. Вкажіть процес, який описується 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. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань

1. Основним чинником термодинамічної стійкості розчинів ВМС є:

- А. Велика молярна маса
- Б. Ліофільність
- В. Ліофобність
- Г. Просторова будова

2. Дія високих концентрацій нейтральних солей на розчини ВМС

викликає їх:

- А. Коагуляцію
- Б: Коацервацію
- В: Висолювання
- Г: Флокуляцію

3. Здатність розчинів ВМС відновлювати структуру гелю після

механічного перемішування називається:

- А. Синерезис
- Б. Тиксотропія
- В. Коацервація
- Г. Висолювання

Еталони відповідей: 1 - Б; 2 - В; 3 - Г.

- перелік робіт, що підлягають вивченню:

Лабораторна робота

«Визначення захисних властивостей біополімерів»

Алгоритм лабораторної роботи

1. Приготування колоїдних розчинів гідроксиду заліза з 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:

У шість пробірок наливають по 5 мл золю гідроксиду заліза (III) або берлінської лазури з позитивним зарядом. До першої пробірки додають 0,2 мл 0,1 % розчину желатину або 0,5 % розчину крохмалю, а потім до кожної послідуєщої 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 $C_{(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = 0,05$ 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:

$$C_k = \frac{C_{\text{екв.ел.}} \cdot V_{\text{ел.}} \cdot 1000}{V_{\text{золю}} + V_{\text{ел.}}}, \text{ ммоль/л.}$$

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

- перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти.

після розгляду теми треба вміти визначати ізоелектричну точку білків, ступінь набухання, стійкість ВМС до електролітів, захисну дію розчинів ВМС; застосовувати мембранну рівновагу Доннана для оцінки розподілу електролітів в живих системах.

9. Рекомендації до оформлення результатів роботи.

Алгоритми вирішення навчальних питань аудиторної та самостійної роботи і результати занести у робочий зошит. Оформити протокол

лабораторної роботи, зробити висновки, щодо впливу полімерів у якості захисних речовин на стійкість колоїдних розчинів.

Захист курсової роботи з «Хімії біогенних елементів» - 2 год.

Студенти повинні створити картотеку з біологічної ролі наступних хімічних елементів: літій, натрій, калій, кальцій, магній, ферум, цинк, манган, фосфор, сульфур, селен, хлор, бром, іод, флуор, купрум, хром, кобальт, аурум, аргентум, барій, стронцій.

В каталозі-карточці студенти наводять наступні відомості про біогенний елемент:

1. До якого типу відноситься елемент (мікро- чи макроелемент).
2. Потреба організму у цьому елементі.
3. Топографія елементу в організмі.
4. Біологічна роль елементу в організмі. Вплив надлишку та нестачі елементу на процеси життєдіяльності.
5. Лікарські засоби на основі елементу.
6. Продукти харчування, які можна застосовувати для поповнення вмісту елементу в організмі.

Література.

а) 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. – К.: ВСВ «Медицина», 2016. – 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. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний

посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

б) допоміжна:

1. Садовнича Л.П., Хухрянский В.Г., Цыганенко А.Я. Биофизическая химия. – Киев: «Вища школа», 1986. – 272с.

2. Левітін Є.Я., Бризицька А.М., Ключова Р.Г. Загальна та неорганічна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2003. – 464с.

3. Зеленин К.Н. Химия. – Санкт-Петербург: «Специальная Литература», 1997. – 688с.

4. Чанг Р. Физическая химия с приложениями к биологическим системам. – Москва, «Мир», 1980.

Навчальне видання

ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БІОПОЛІМЕРІВ.

ІЗОЕЛЕКТРИЧНА ТОЧКА БІЛКА.

ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

«ХІМІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ»

Методичні вказівки для самостійної роботи
студентів 1-го курсу з медичної хімії

Укладачі:

Сирова Ганна Олегівна,
Завада Оксана Олександрівна,
Лук'янова Лариса Володимирівна,
Петюніна Валентина Миколаївна,
Водолаженко Марія Олександрівна,
Макаров Володимир Олександрович,
Андрєєва Світлана Вікторівна,
Козуб Світлана Миколаївна,
Тішакова Тетяна Станіславівна,
Левашова Ольга Леонідівна,
Савельєва Олена Валеріївна,
Копотєва Наталія Василівна,
Чаленко Наталія Миколаївна,
Калиненко Ольга Сергіївна.

Відповідальний за випуск: Завада О.О.