

## **Курта С.А. ХІМІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК**

### **Лекція №1**

**Тема 1. Типи та класифікація полімерів за хімічною будовою та функціональним призначенням та їх відмінності від мономерів.**

**Мета:** представити сучасні теорії хімічної будови високомолекулярних органічних та неорганічних речовин, їх реакційної здатності, промислових і лабораторних методів синтезу і властивостей основних класів високомолекулярних сполук, їх взаємних перетворень і використання, найважливіших представників в галузях науки і техніки, і в побуті;

**План:**

- Класифікація полімерів за хімічною будовою та функціональним призначенням.
- Мономери, олігомери і полімери.
- Класифікація полімерів залежно від походження, хімічного складу й будови ланок і основного ланцюга.
- Природні і синтетичні полімери.
- Органічні й неорганічні полімери.
- Лінійні полімери. Розгалужені і зшиті полімери.
- Гомополімери. Кополімери, блок-кополімери, привиті кополімери.
- Гомоланцюгові й гетероланцюгові полімери.
- Критерії розмежування високомолекулярних сполук і низькомолекулярних речовин.

**Тема 2. Роль високомолекулярних полімерів в живій природі і їх значення як промислових полімерних композиційних матеріалів -пластмас, каучуків, волокон, плівки, лако-фарбні покриття.**

### **ПЕРЕДМОВА**

Хімія і технологія полімерів на сучасному етапі розвитку науки і техніки є однією з найбільших їх галузей. Величезна кількість науковців працює у сфері синтезу, дослідження властивостей і переробки полімерів. Це пов'язано з тим, що сьогодні полімери широко ввійшли в життя людини, а хіміки навчилися синтезувати високомолекулярні сполуки (ВМС) з наперед заданими властивостями (полімерні композиційні матеріали, лаки і фарби, синтетичні волокна тощо).

Природні ВМС складають основну частину маси живої матерії. До них належать целюлоза, лігнін, крохмаль, білки, нуклеїнові кислоти. Відносно недавно було встановлено, що ці речовини, а також інші важливі природні речовини (каучук, смоли, натуральні волокна), утворені молекулами гігантами – макромолекулами. Ці речовини одержали загальну назву – високомолекулярні сполуки (ВМС).

Хімічна галузь, як і наука з хімії ВМС, розвивалась складним шляхом дослідження і встановлення структури природних біополімерів, а потім – пошуками синтетичних замінників цих матеріалів. Виникли нові галузі промисловості (синтетичний каучук, штучні волокна, лаки і фарби, будівельні матеріали), були синтезовані нові за властивостями ВМС і виникла галузь синтезу пластичних мас,

елементорганічних ВМС, полімерних волокон, що дають матеріали з властивостями, яких не існує в природі.

Таким чином ми поділяємо ВМС на природні і синтетичні сполуки. Це речовини, які складаються з макромолекул, утворених приєднанням великого числа малих молекул мономерів одна до одної. Малі молекули, які в комбінації утворюють макромолекулу, називають мономерами, а реакції утворення ВМС – полімеризацією і поліконденсацією.

У макромолекулах ВМС можуть міститися сотні, тисячі, десятки тисяч і більше молекул мономерного ланцюга. Молекулярна маса (ММ) полімерів може досягати декількох мільйонів. Однак більшість полімерів, що знайшли практичне застосування, мають ММ – 5000–200000.

Перше видання посібника (132 с., 2006 р.) пройшло апробацію як навчальний посібник для студентів з вивчення університетського курсу «Високомолекулярні сполуки» за спеціальністю 8.070301 – «Хімія» в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.

Друге видання навчального посібника «Хімія і технологія ВМС» (291 с.) доповнене інформацією про хімічні властивості та технологію синтезу найважливіших видів синтетичних і природних полімерів. Особлива увага приділена способам синтезу та переробки галогеновмісних полімерів: полівінілхлориду, полівініліденхлориду, хлоропренового каучуку та фторопластам з посиланнями на 7 публікацій самих авторів. Для цих полімерів наведені технологічні схеми з їх синтезу та переробки в готові вироби, а також використання останніх у різних галузях промисловості та побуті. В кінці книги додатково наведені теоретичні та практичні завдання для самоконтролю з хімії і технології полімерів. Крім цього авторами, для більш ефективної роботи з підручником, додатково наведений список позначень символів і скорочень та предметний показчик усіх найбільш використовуваних назв ВМС і термінів з хімії і технології полімерів з посиланням на сторінки, де вони згадуються.

Автори вдячні всім рецензентам і працівникам кафедри органічної і аналітичної хімії Інституту природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника за допомогу в доопрацюванні та доповненні навчального посібника.

## **ЧАСТИНА I. Хімія високомолекулярних сполук**

### **РОЗДІЛ 1. Основні відмінності між високомолекулярними (ВМС) і низькомолекулярними сполуками (НМС)-мономерами**

З огляду на хімічну класифікацію немає принципової відмінності між ВМС і НМС. Особливі властивості ВМС є наслідком великої молекулярної маси (ММ) і розмірів молекул. Наприклад, НМС:  $CH_2 = CHCl$  – вінілхлорид; ВМС:  $(-CH_2 - CHCl)_n$  – полівінілхлорид. Наведемо основні відмінності.

Розчини ВМС, навіть розведені, мають дуже велику в'язкість, значно більшу, ніж концентровані розчини НМС.

ВМС розчиняються значно повільніше, з попереднім набуханням. ВМС розчиняються гірше, ніж НМС, і коло розчинників обмежене.

Відомі методи очищення (перегонка, перекристалізація) не можна застосовувати до ВМС.

Поняття “хімічно чиста” речовина має відносне значення для ВМС, оскільки макромолекули різняться довжиною ланцюга й мають залишки НМС (ініціатори, емульгатори, розчинники).

ВМС відрізняються особливими фізико-механічними властивостями: еластичністю, релаксацією, зворотною деформацією, пружністю.

Характер протікання хімічних реакцій із ВМС:

- ВМС, як правило, реагують повільніше, ніж НМС;
- у ВМС часто процеси приєднання й заміщення не йдуть до кінця;
- ВМС здатні змінювати властивості під час дії невеликих кількостей реагентів.

### 1.1. Вплив міжмолекулярних сил на властивості ВМС

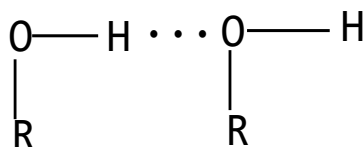
Молекули ВМС ніколи не бувають ізольовані, а завжди перебувають у взаємодії з іншими молекулами. Тому важливо знати не тільки характер валентних зв'язків, а й природу міжмолекулярної взаємодії.

Міжмолекулярні сили, як і звичайні валентні, мають електричну природу, але не викликають переходів або значних зміщень електронів. Міжмолекулярні сили полярних молекул зумовлені взаємодією диполів сусідніх молекул, що призводять до взаємної орієнтації. Орієнтаційний ефект (диполь-дипольна взаємодія) тим більший, чим більший дипольний момент молекули. Молекула, що має постійний дипольний момент, здатна притягувати неполярні молекули в результаті поляризації й утворення у зв'язку з цим індукованих диполів (індукційний ефект). До міжмолекулярних сил належать також квантово-механічний ефект притягання, викликаний взаємодією миттєвих диполів, що виникають у будь-яких молекулах унаслідок того, що електрон міститься на деякій відстані від ядра (дисперсійний ефект). Постійний рух електрона призводить до постійної зміни миттєвого диполя, але за будь-якого взаємного розміщення ядер і електронів у атомі виникають протилежно заряджені полюси, що зумовлюють міжмолекулярне притягання.

Дисперсійні сили, на відміну від орієнтаційних, не залежать від температури. Вони тим більші, чим більша кількість електронів, особливо валентних, віддалених від ядра, тобто чим більша константа іонізації і поляризованість молекули. Орієнтаційний ефект під дією тепла слабне, бо диполь-дипольна орієнтація розладнується від теплового руху.

Міжмолекулярні сили слабші від звичайних (валентних) приблизно в 100 разів. У зв'язку з тим, що енергія притягання обернено пропорційна 6-му ступеню міжмолекулярної відстані, дія міжмолекулярних сил швидко зменшується в разі віддалення молекул. Проте в разі збільшення ММ сумарний ефект міжмолекулярних сил може бути досить відчутним, бо кожен атом є його джерелом. У ВМС сумарний ефект міжмолекулярних сил може бути більшим від величини валентних сил.[1]

На властивості деяких ВМС сильний вплив має водневий зв'язок. Він трапляється в молекулах, де водень безпосередньо зв'язаний із киснем чи азотом у вигляді груп –ОН, –NH<sub>2</sub>. При цьому виникають так звані “водневі містки”:



Величина енергії водневого зв'язку приблизно 5 ккал/моль.

Властивості ВМС тісно зв'язані з величиною енергії міжмолекулярної взаємодії (набухання, механічні властивості, висока в'язкість розчинів). Це є однією з найважливіших особливостей і причин відмінності між ВМС і НМС.

Про величину сил міжмолекулярної взаємодії можна судити за енергією когезії (сила зчеплення) – повною енергією, необхідною для видалення молекули з рідкого або твердого агрегатного середовища. Вона приблизно дорівнює теплоті випаровування або сублімації. Зі збільшенням ММ енергія когезії збільшується, і коли вона перевищує енергію хімічного зв'язку, то речовина в результаті нагрівання розкладається без випаровування.

Найміцніші зв'язки утворюються між молекулами, які здатні формувати водневі зв'язки, або між молекулами з високою полярністю. Наявність подвійного зв'язку, що легко поляризується, збільшує силу зчеплення. Електронегативні атоми О, Сl, N збільшують орієнтаційний ефект і посилюють зчеплення. Воно ще більше зростає в разі підсилення енергії диполів водневими зв'язками (*ОН, СООН, СОНН<sub>2</sub>*).

Заміна атома Н на групу  $-CH_3(-COOH, -COOCH_3)$  знову збільшує енергію когезії. На практиці подібні реакції заміщення використовують для регулювання міжмолекулярної взаємодії й зміни властивостей ВМС – розчинності, температури плавлення.

Таблиця 1.1.

Величина молекулярної когезії для деяких груп в полімерах

Група	Сила зчеплення, ккал/моль	Група	Сила зчеплення, ккал/моль
$-CH_2-$	990	$-NH_2-$	3530
$=CH_2$	1780	$-OON-$	8970
$-C=O$	4270	$-CO-NH_2-$	16200
$-Cl$	3400	$COOCH_3$	5600
$-OH$	7250		

Міжмолекулярна взаємодія максимально виявляється за умови впорядкованого розташування макромолекул у разі: паралельності ланцюгів; регулярності розташування функціональних груп; компактності упаковки (розпушення структури полімеру зменшує взаємодію).

## РОЗДІЛ 2. ТИПИ ПОЛІМЕРІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

До ВМС прийнято зараховувати речовини з  $MM > 5000$ , а до НМС – з  $MM < 500$ . Речовини з проміжною ММ називають олігомерами (з грец. *оліго* – небагато, *мерос* – частина). ВМС класифікують залежно від походження на природні, штучні й синтетичні. Штучні ВМС мають природну основу, що змінена під час хімічних

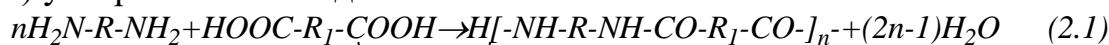
перетворень. Синтетичні полімери, у свою чергу, поділяються залежно від способу одержання на полімеризаційні та поліконденсаційні ВМС, а також співполімери. Сюди також належать привиті й модифіковані полімери, одержані шляхом полімераналогічних перетворень готових ВМС. Карозерс 1929 року поділив полімери на поліконденсаційні і полімеризаційні за типом реакції їх утворення. ВМС належать до поліконденсаційних полімерів, якщо:

а) у результаті його синтезу виділяється низькомолекулярна речовина – вода, HCl;

б) в основному полімерному ланцюгу наявні функціональні групи.

### Приклади реакцій поліконденсації

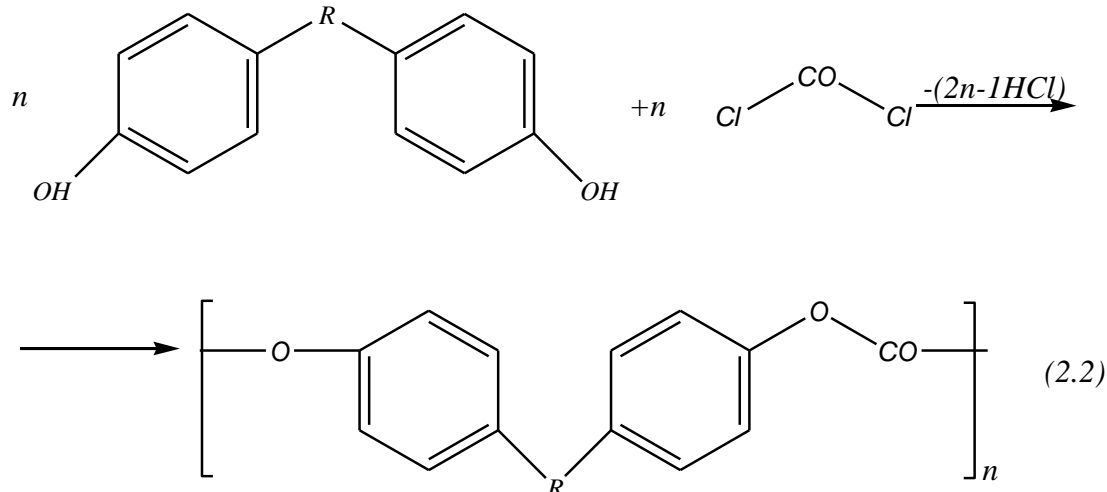
а) утворення поліамідів:



(-CO-NH-R-) – елементарна ланка – група, що повторюється.

Якщо R = (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub> – гексаметилендіамін, R<sub>1</sub> = (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub> – адипінова кислота, то в наведеному прикладі утворюється найлон – 6,6.

б) утворення полікарбонатів:

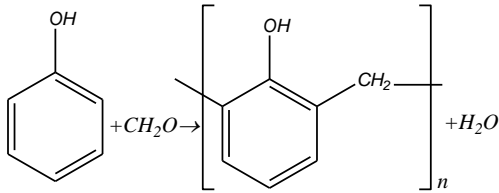


в) утворення поліуретанів (без виділення низькомолекулярної речовини НМС):  $nHO-R-OH + nOCN-R_1-NCO \rightarrow \left( -R-O-CO-NH-R_1-NH-CO-O- \right)_n$  (2.3)

Таблиця 2.1.

Типові конденсаційні полімери

Полімер	Характерний зв'язок	Реакція утворення
Поліамід Білок, вовна	-CO-NH-	$H_2N-R-NH_2 + HOOC-R_1 + COOH \rightarrow \rightarrow (-NH-R-NH-CO-R_1-CO-)_n + H_2O$ ; $H_2N-R-NH_2 + ClOC-R_1-COCl \rightarrow \rightarrow (-NH-R-NH-CO-R_1-CO-)_n + HCl$ $H_2N-R-COOH \rightarrow \rightarrow (-NH-R-CO-)_n + H_2O$
Складний поліефір	-CO-O-	$HO-R-OH + HOOC-R_1-COOH \rightarrow \rightarrow (-O-R-O-CO-R_1-CO-)_n + H_2O$
Поліуретан	-O-CO-NH-	$HO-R-OH + OCN-R_1-NCO \rightarrow \rightarrow (-OR-OCO-NH-R_1-NH-CO-)_n$

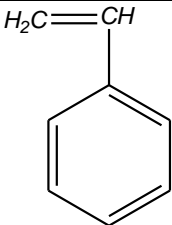
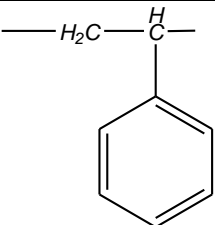
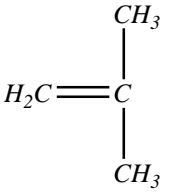
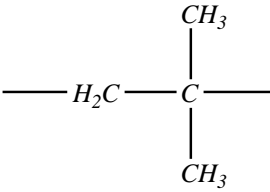
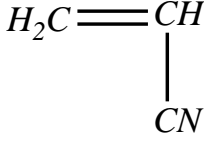
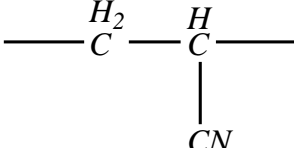
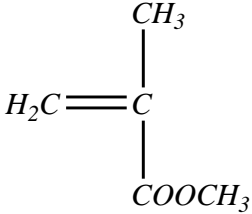
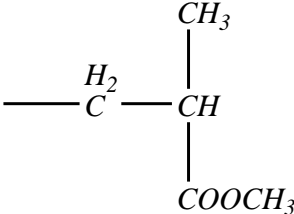
Фенолофор- мальдегідний	$-Ar-CH_2-$	
Сечовино-фор- мальдегідний	$-CO-NH-CH_2-$	$NH_2-CO-NH_2+CH_2O \rightarrow$ $\rightarrow(-NH-CO-NH-CH_2-)_n+H_2O$
Полісилоксан	$-Si-O-$	$HO-SiR_2-OH \rightarrow(-SiR_2-O-)_n+H_2O$

До полімеризаційних належать полімери, утворені внаслідок приєднання молекул мономера без виділення побічних НМС. На відміну від конденсаційних полімерів у полімеризаційних елементарний склад полімеру й мономера однаковий. Головні представники полімеризаційних (адитивних) ВМС – полімери вінільних мономерів. У результаті взаємодії таких мономерів подвійний зв'язок перетворюється в насичений за схемою:



Таблиця 2.2.

Типові полімеризаційні ВМС

Полімер	Мономер	Елементарна ланка
Поліетилен	$CH_2 = CH_2$	$(-CH_2 - CH_2 -)_n$
Полістирол		
Полівінілхлорид	$CH_2 = CHCl$	$-CH_2 - CHCl -$
Поліізобутилен		
Поліакрилонітрил		
Поліметилметакрилат		

Полівінілацетат	$\begin{array}{c} H_2C=CH \\   \\ OCOCH_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\   \\ \text{---}H_2C\text{---}C\text{---} \\   \\ OCOCH_3 \end{array}$
Полівініліденхлорид	$CH_2 = CHCl_2$	$\begin{array}{c} Cl \\   \\ \text{---}C\text{---}C\text{---} \\   \\ Cl \end{array}$
Політетрафторетилен	$CF_2 = CF_2$	$\begin{array}{c} F \quad F \\   \quad   \\ \text{---}C\text{---}C\text{---} \\   \quad   \\ F \quad F \end{array}$
Поліізопрен	$\begin{array}{c} H_2C=C\text{---}C=CH_2 \\   \quad \quad   \\ CH_3 \quad \quad H \end{array}$	$\begin{array}{c} H_2 \quad \quad H_2 \\   \quad \quad   \\ \text{---}C\text{---}C=C\text{---}C\text{---} \\   \quad \quad \quad   \\ CH_3 \quad \quad \quad H \end{array}$

Співполімери – ВМС, що містять два або три типи елементарних ланок. З допомогою співполімеризації можна в широкому діапазоні змінювати властивості полімеру, синтезувати ВМС із задалегідь заданими властивостями.

Номенклатура: полімеризаційні і поліконденсаційні ВМС, синтезовані з одного мономера, називають, як правило, за назвою мономера з префіксом полі-, наприклад полівінілхлорид ПВХ; співполімери – з префіксом співполімер стиролу й ПВХ; конденсаційні полімери з двох мономерів за їх хімічною назвою двох мономерів з префіксом полі-: поліетиленгліколь-терефталат [2].

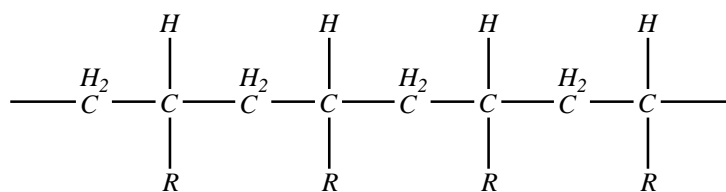
Таблиця 2.3.

## Типові співполімери

Співполімер	Мономери	Елементарна ланка
Синтетичний каучук бутадієн-стирольний (СКБС)	Бутадієн, стирол	$\begin{array}{c} H_2 \quad \quad H_2 \\   \quad \quad   \\ \text{---}C\text{---}C=CH\text{---}C\text{---}C\text{---} \\   \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Синтетичний каучук бутадієн-стирольний-нітрильний (СКБСН)	Бутадієн, стирол, нітрил акрилової кислоти	$\begin{array}{c} H_2 \quad \quad H_2 \quad \quad H_2 \quad \quad H_2 \\   \quad \quad   \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{---}C\text{---}C=CH\text{---}C\text{---}C\text{---}C\text{---}C\text{---} \\   \quad \quad \quad   \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \quad   \quad \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \quad \text{C}_6\text{H}_5 \quad \quad \quad \quad CN \end{array}$
Карбоксилатні СК	Бутадієн, стирол, АК, МАК	$-CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_2 - CHC_6H_5 - CH_2 - CHCOOH$
Вінілхлорид - Вінілацетат	Вінілхлорид, вінілацетат	$\begin{array}{c} H_2 \quad \quad H \quad \quad H \quad \quad H_2 \\   \quad \quad   \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{---}C\text{---}C\text{---}C\text{---}C\text{---} \\   \quad \quad \quad   \\ Cl \quad \quad \quad OCOCH_3 \end{array}$

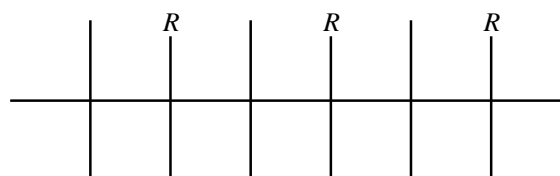
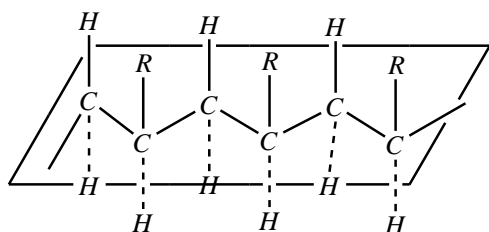




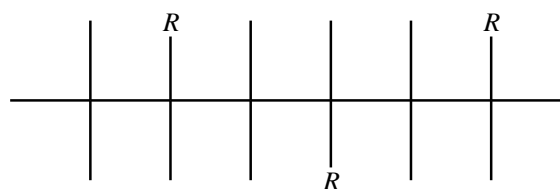
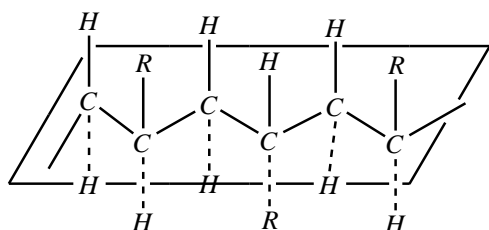


*просторове зображення*

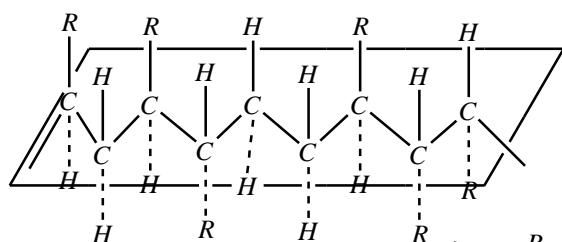
Проекційне зображення за Фішером



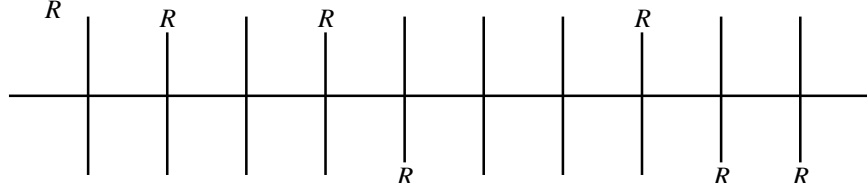
*ізотактичний*



*синдіотактичний*



*атактичний*



Стереорегулярна полімеризація відкриває широкі можливості для синтезу з одного й того ж мономера ВМС з різними властивостями, які залежать від характеру чергування ланок та їх конфігурації в макромолекулі. Від цього великою мірою залежить здатність полімеру до кристалізації. Наприклад, ізотактичний ПП є жорстким пластиком з  $T_{пл} + 176^{\circ}C$ , а атактичний ПП є каучукоподібним матеріалом.

Стереоспецифічні реакції лежать в основі синтезу біополімерів у живому організмі й дозволяють з відносно малим асортиментом мономерів одержати багаточисельні високомолекулярні (ВМ) речовини, що значно відрізняються властивостями. Наприклад, макромолекули білків, що входять до складу рослин і тварин, побудовані, головним чином, з одних і тих же 20 амінокислот. Разом із тим характер послідовності їх з'єднання в різних конфігураціях більш різноманітний, ніж у синтетичних стереорегулярних полімерів, що пов'язано з більш високою стереоспецифічністю біокаталізаторів і біополімерів.

Усестороннє вивчення стереорегулярної полімеризації дає можливість не тільки розширити асортимент полімерів, але й глибше проникнути в суть біологічних процесів.[2]

### Висновки

1. ВМС відрізняються особливими фізико-механічними властивостями: еластичністю, релаксацією, зворотною деформацією, пружністю
2. Властивості ВМС тісно зв'язані з величиною енергії міжмолекулярної взаємодії (набухання, механічні властивості, висока в'язкість розчинів). Це є однією з найважливіших особливостей і причин відмінності між ВМС і НМС.
3. До ВМС прийнято зараховувати речовини з  $MM > 5000$ , а до НМС – з  $MM < 500$ . Речовини з проміжною  $MM$  називають олігомерами (з грец. *oligo* – небагато, *meros* – частина). ВМС класифікують залежно від походження на природні, штучні й синтетичні. Штучні ВМС мають природну основу, що змінена під час хімічних перетворень. Синтетичні полімери, у свою чергу, поділяються залежно від способу одержання на полімеризаційні та поліконденсаційні ВМС, а також співполімери.
4. Полімеризаційні і поліконденсаційні ВМС, синтезовані з одномономером, називають, як правило, за назвою мономера з префіксом полі-, наприклад полівінілхлорид ПВХ; співполімери – з префіксом співполімер стиролу й ПВХ; конденсаційні полімери з двох мономерів за їх хімічною назвою двох мономерів з префіксом полі-: поліетиленгліколь-терефталат.
5. Співполімери – ВМС, що містять два або три типи елементарних ланок. З допомогою співполімеризації можна в широкому діапазоні змінювати властивості полімеру, синтезувати ВМС із заздалегідь заданими властивостями.
6. Мономери – це НМС, які під час взаємодії здатні утворювати макромолекули ВМС. Для реалізації реакції полімеризації молекула мономера повинна мати кратні-ненасичені зв'язки, нестійкий цикл або не менше двох реакційноздатних функціональних груп.
7. Стереоспецифічні реакції лежать в основі синтезу біополімерів у живому організмі й дозволяють з відносно малим асортиментом мономерів одержати багаточисельні високомолекулярні (ВМ) речовини, що значно відрізняються властивостями

### Рекомендована література

#### Базова

1. Курта С.А., Курганський В.С. Хімія і технологія ВМС, навчальний посібник, рекомендовано МОН України, Івано-Франківськ: Видав. «Плай» ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. –291 с., ISBN 966-640-164-9. II доповнене видання. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір в Україні, № 25394 від 20.08.2008р.
2. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Підручник для вищих навчальних закладів.– Л: Центр Європи, 2001.– 864 с.
3. Курта С.А., Лучкевич Є.Р., Матківський М.П. Хімія органічних сполук. Підручник для вищих навчальних закладів. – Івано-Франківськ:, 2013.– 599 с. вид-во. Прикарпат.нац.ун-т ім. В.Стефаника.400 екз.
4. Стельмах Г.І., Микитин І.М., Курта С.А., Лясковська М.Р., Методичні вказівки до лабораторних та практичних робіт з курсу «Хімія ВМС». МОН ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ 2019, 92 с.
5. Ю.П.Гетьманчук, М.М.Братичак. Хімія та технологія полімерів, підручник. — Львів.:

Бескид Біт, 2006 – 496 с.

6. Ю.П. Гетьманчук, М.М.Братичак. Хімія високомолекулярних сполук, підручник. — Львів, Видав. у-ту «Львівівська політехніка», 2008 – 460 с.
7. Курта С.А. Хімія і технологія хлорорганічних сполук. Монографія. Видавництво “Плай” ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника Підп. до друку 30.12.2008., опуб. 12.03.2009 р.,-262 с. тираж 300 шт., 76000, м. Івано-Франківськ, вул. С. Бандери 1, свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір в Україні № 30576 від 08.10.2009 р.

#### Допоміжна

8. Курта С.А. Взаимодействие хлористого винила с поверхностью дисперсных окислов. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. тех. наук. Львов, 1988. -22 с.
9. Курганський В.С. Кинетика синтеза и физико-химическое изучение пероксидных полимерных ПАВ на основе малеинового ангидрида. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. хим. наук. — Львов, 1984. -16с.
10. Курта С. А. Будова речовини : навчально-методичний посібник / Курта С. А. – Івано-Франківськ ; Калуш : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2007. – 162 с. – (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 25385 від 20.08.2008
11. Лучкевич Є.Р. Хімія ароматичних азосполук : монографія / Є.Р.Лучкевич. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2013 р. – 285 с.
12. Курта С.А. Природні вуглеводи і полісахариди. Навчальний посібник. ISBN 878-866-8868-84-3. Видав: Супрун В.П.76025, Івано-Франківськ, вул. В.Великого,12,аХТел.: (0342) 71-04-40,e-mail:printsv@ukr.net, Свід. про внесення до Держреєстру від 17.10.2005р. Серія ІФ №25. – 100с.
13. Курта С.А. Основи нафтохімії. Навчальний посібник. Друк: Голіней О.М..76008, Івано-Франківськ, вул. Галицька 128 Тел.: (0342) 58-04-32(+380505403064 – 183 с.( друк. арк. 11,62) Рішення Вченої Ради Факультету природничих наук ПНУ, протокол №3 від «12» грудня 2018 року. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.№85804 від 10..02.2020р. ст.1.Рішення Мінекономіки торг. Та сільс. Госп.. України.м. Київ. 01008 вул. Грушевського 12\2.
14. Курта С.А. , Хацевич О.М. Основи квантової хімії. (навчально посібник) . Рішення Вченої Ради Факультету природничих наук ПНУ, протокол № 2 від «22» лютого 2018 року р.-235с. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.№85470 від 21.01.2020р. ст.1.Рішення Мінекономіки. України м. Київ, 01008 вул. Грушевського

### Завдання для самоконтролю

**Питання 1.** Поняття ВМС. Класифікація і номенклатура ВМС. Мономери, олігомери і полімери. Відмінність ВМС і НМС.

**Питання 2.** Класифікація полімерів залежно від походження, хімічного складу й будови ланок і основного ланцюга.

**Питання 3.** Природні і синтетичні полімери. Органічні й неорганічні полімери.

**Питання 4.** Лінійні полімери. Розгалужені і зшиті полімери. Гомополімери. Співполімери, блок-співполімери, привиті співполімери. Гомоланцюгові й гетероланцюгові полімери.

**Питання 5.** Пояснити, що таке полімер, мономер, співполімер, ступінь полімеризації, олігомери, структурна ланка.

**Питання 6.** Наведіть приклади природних і синтетичних полімерів.