



Хімія високомолекулярних сполук

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік письмовий</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години на тиждень (1 пара), практичні заняття 2 години на тиждень (1 пара), за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: к.х.н. Компанець Михайло Олександрович, m.kompanets81@gmail.com ¹ Практичні / Семінарські: к.х.н. Компанець Михайло Олександрович, m.kompanets81@gmail.com
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Курс «Хімія високомолекулярних сполук» є основою для ознайомлення майбутніх інженерів із методами різноманітними методами синтезу та механізмами реакцій полімеризації, з процесами хімічних перетворень полімерів, основними методами технологічної реалізації процесів отримання високомолекулярних матеріалів, одержання знань про структурної організації макромолекул на фізико-хімічні властивості полімерів та вивчення методів аналізу властивостей і сфер застосування високомолекулярних сполук для виробництва косметичних та фармацевтичних засобів для потреб людини.

Предмет дисципліни: *високомолекулярні сполуки, методи синтезу полімерів, фізичні та фізико-хімічні властивості високомолекулярних матеріалів, їх практичне використання в типових хімічних промислових перетвореннях*

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

¹ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

- застосування методів вискозиметрії для визначення молекулярної ваги полімерів;
- використання знань механізмів реакції полімеризації для планування синтезу високомолекулярних сполук;
- використовувати основні фізичні та спектроскопічні методи для ідентифікації полімерних матеріалів;
- співвідносити будову полімерного матеріалу та очікувані фізико-хімічні властивості.
- передбачати термомеханічні властивості високомолекулярних сполук в залежності від будови основного ланцюгу та фазового стану матеріалу;
- передбачати поведінку високомолекулярних сполук в розчині;
- здійснювати правильний вибір високомолекулярної ПАР, стабілізатора емульсії, наповнювача в залежності від технологічної потреби;
- оцінювати реологічні характеристики косметичного засобу, виходячи з будови полімерного складового.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- теоретичної основи будови, ізомерії, номенклатури високомолекулярних сполук, їх класифікацію;
- будову полімерних молекул;
- загальні формули членів різних типів полімерних рядів а також формули і назви їх радикалів, електронну і просторову будову, способи одержання, фізичні і хімічні властивості, галузі застосування;
- способи синтезу ВМС полімеризацією, поліконденсацією та полімераналогічними перетвореннями;
- основні фізико-хімічні, механічні, електричні та оптичні властивості ВМС, способи одержання та застосування;

уміння:

- працювати з високо-молекулярними речовинами: синтезувати і вивчати їх властивості;;
- застосовувати основні поняття, закони, моделі ВМС та їх реакційної здатності в хімічній технології під час їх синтезу;
- встановити порядок сполучення атомів і їх просторове розміщення в макромолекулах ВМС та взаємний вплив та реакційну здатність функціональних груп полімерів;
- встановлювати будову високомолекулярних сполук, виходячи з результатів фізико-хімічного аналізу;

досвід:

- проведення синтезу високомолекулярної сполуки в масі;
- проведення синтезу високомолекулярної сполуки в емульсії/ суспензії;
- проведення то добору мономерів для отримання високомолекулярної сполуки радикальною полімеризацією або поліконденсацією
- визначення молекулярної маси вискозиметром.
- Визначення функціональних груп в полімері за допомогою даних ІЧ спектроскопії;
- Визначення температурних характеристик полімеру: температуру три пом'якшення, температури капле падіння, температури топлення;
- Вибору водорозчинного полімеру для отримання формуляції продукту з визначеними в'язкостними властивостями

- проведення експериментальної роботи з одержання, визначення структури високомолекулярної сполуки та оформлення експериментальних результатів

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Зазначається перелік дисциплін, або знань та умінь, володіння якими необхідні студенту (вимоги до рівня підготовки) для успішного засвоєння дисципліни (наприклад, «базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2»). Вказується перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з даної дисципліни.

Аналітична хімія	Аналітичний сигнал. Відбір проби. Підготування проби до аналізу. Розрахунок наважки. Визначення функціональних груп. Елементний аналіз
Фізична хімія	Термодинаміка зворотних процесів. Кінетика перебігу хімічних реакції. Ізотерми адсорбції. Фазові рівноваги
Органічна хімія	Будова органічних сполук. Функціональні групи. Ізомерія. Теорія хімічного зв'язку. Кон'югація.

Дисципліни, які базуються на результатах навчання: дисципліни циклу професійної підготовки, в рамках яких передбачена вивчення природних високомолекулярних сполук, зокрема білків, полісахаридів, вивчення технології отримання високомолекулярних сполук та матеріалів на їх основі та їх застосування для формуляції косметичних та фармацевтичних засобів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Надається перелік розділів і тем всієї **дисципліни**.

Тема 1. Вступ до хімії високомолекулярних сполук.

Макромолекула, як головна структура одиниця високомолекулярної сполуки. Класифікація високомолекулярних сполук. Визначення полімеру, мономеру, макромолекули, елементарної ланки. Місце високомолекулярних сполук серед інших класів хімічних об'єктів. Особливості та відмінності високомолекулярних сполук: асиметрія, рухливість, полі дисперсність, високоеластична деформація, анізотропні властивості. Практичне значення полімерів та матеріалів на їх основі. Спрямування сучасного виробництва полімерних матеріалів.

Тема 2. Основні поняття хімії високомолекулярних сполук.

Ступінь полімеризації, основний ланцюг, кінцеві групи. Класифікація полімерів за походженням. Класифікація полімерів за експлуатаційними властивостями. Типи природних полімерів. Вміст високомолекулярних сполук в об'єктах навколишньої природи. Номенклатура високомолекулярних сполук. Термопластичні та терморективні пластики. Класифікація макромолекул за формою. Топологічні властивості макромолекул: катенани та ротаксани. Типи розгалуження макромолекул. Супрамолекулярна будова полімерних ланцюгів. Класифікація кополімерів. Дендримери. Тривимірні полімери. Класифікація полімерів за однорідністю та розташуванню ланок. Класифікація полімерів за хімічною будовою ланки.

Тема 3. Молекулярно-масові характеристики високомолекулярних сполук. Полідисперсність.

Полімергомологія та полімераналогія. Гомологічна різниця. Молекулярна маса та відносна молекулярна маса. Молекулярно-масовий розподіл. Диференціальний та інтегральний молекулярно-масовий розподіл. Методи визначення молекулярно-масового розподілу: фракціонування, дробного висадження, ультрацентрифугування, гель-проникла хроматографія.

Характеристики молекулярно-масового розподілу: максимум, напівширина, функція розподілу. Середні молекулярні маси високомолекулярних сполук: середньочислова, середньомасова, середньов'язкісна, Z – середня. Методи визначення середньої молекулярної маси: осмометрія, ебуліоскопія, за кількістю кінцевих груп, за світлорозсіянням, віскозиметрія. Залежність властивостей полімерів від молекулярної маси. Полідисперсність та коефіцієнт полідисперсності.

Тема 4. Синтез високомолекулярних сполук. Радикально-ланцюгова полімеризація.

Загальні способи отримання полімерів. Ланцюгова полімеризація. Загальні поняття. Класифікація за типом мономерів. Класифікація за природою активної частинки. Вплив замісників. Термодинаміка ланцюгової полімеризації. Гранична температура полімеризації. Теплота та ентропія полімеризації. Основні етапи ланцюгової полімеризації: ініціювання ланцюгу, рост ланцюга, передача ланцюга, обрив ланцюга. Поняття про кінетичний та матеріальний ланцюг Радикальна полімеризація. Вільні радикали: типи, утворення, основні реакції. Механізм і кінетика радикальної полімеризації. Способи ініціювання полімеризації: хімічний, фотоініціювання, ініціювання іонізуючим опроміненням, термічне ініціювання. Реакції розкладу термічних ініціаторів. Фотосенсибілізатори. Механізм термічного ініціювання за Мейо. Вплив основних факторів на процес радикальної полімеризації: температури, тиску, концентрації мономеру та ініціатора. Ефект ґратки та його вплив на кінетику ініціювання. Кінетика зростання ланцюга: диспропорціонування та рекомбінація. Довжина кінетичного ланцюга. Інгібітори радикальної полімеризації. Гель-ефект.

Тема 5. Синтез високомолекулярних сполук. Іонна полімеризація.

Загальні положення іонної полімеризації. Відмінності іонної полімеризації від радикальної полімеризації. Структура іонної частинки: будова іонної пари. Катіонна полімеризація. Генерація карбокатиону. Вплив структури на стабільність катіонної частинки. Ініціювання катіонної полімеризації. Каталіз в катіонній полімеризації. Рост ланцюга при катіонній полімеризації. Гідрідний зсув. Передача ланцюга при катіонній полімеризації. Обрив ланцюга. Кінетика катіонної полімеризації. Псевдокатіонна полімеризація. Вплив розчинника на перебіг катіонної полімеризації. Аніонна полімеризація. Вплив структури на стабільність аніону. Ініціювання аніонної полімеризації. Кінетика аніонної полімеризації. Полімеризація без обриву ланцюга. Механізм та кінетика утворення «живих» полімерів. Координаційно-іонна полімеризація. Каталізатори Циглера-Натта.

Тема 6. Синтез високомолекулярних сполук. Поліконденсація.

Визначення та класифікація типів поліконденсації. Поліфункціональний мономер. Гомополіконденсація та гетерополіконденсація. Поліциклоконденсація. Зворотня та незворотня поліконденсація. Відмінності полімеризації та поліконденсації. Кінетика та механізм перебігу поліконденсації. Відмінності кінетичних схем полімеризації за умови аутокаталізу та зовнішнього каталізу. Зміна молекулярної маси при перебігу поліконденсації. Рівняння Карозерса. Стехіометричний розбаланс. Побічні реакції. Фенопласти. Бакеліт. Схема утворення фенол формальдегідних смол. Поліаміди. Поліефіри. Полікарбонати. Поліуретани. Полісилоксани.

Тема 7. Синтез високомолекулярних сполук. Кополімеризація.

Визначення кополімеризації. Технологічне значення кополімерів. Класифікація кополімерів. Кінетика кополімеризації. Константа кополімеризації. Типи кополімеризації та її вплив на склад кополімеру. Блок-кополімеризація. Емпірична оцінка активності мономерів. Схема Алфрея-Прайса.

Тема 8. Способи проведення полімеризації та поліконденсації.

Полімеризація в масі. Полімеризація в розчині. Полімеризація в газовій фазі. Полімеризація в твердій фазі. Суспензійна полімеризація. Емульсійна полімеризація. Латекси. Поліконденсація в розтопі. Поліконденсація в розчині. Поліконденсація в твердій фазі. Поліконденсація в газовій фазі. Поліконденсація в емульсії (суспензії). Поліконденсація в двофазній системі.

Тема 9. Синтез високомолекулярних сполук. Модифікація полімерів та полімераналогічні перетворення.

Структурна, композиційна та хімічна модифікація полімерів. Технологічне значення модифікації високомолекулярних сполук. Полімерні композиційні матеріали. Основні типи хімічної модифікації полімерів. Полімераналогічні перетворення. Процеси окиснення полімерів. Гідрування полімерів. Галогенування полімерів. Прищеплення бокових ланцюгів до основного полімерного ланцюга. Внутрішньо молекулярна циклізація. Полімер-ефект. Концентраційний ефект. Електростатичний ефект. Конформаційний ефект. Реакцій кінцевих груп високомолекулярних сполук. Термічна та окисна деструкція полімерів. Стабілізація полімерів. Антиоксиданти. Структурування полімерів. Реакції зшиття. Старіння полімерних матеріалів.

Тема 10. Агрегатний стан високомолекулярних сполук.

Основні поняття: термодинамічна фаза, поверхня розділу, агрегатний стан. Фазові переходи першого та другого роду. Агрегатний стан та фази високомолекулярних сполук. Аморфний стан. Кристалічний стан. Склоподібний, в'язкотекучий та високоеластичний стани. Вплив теплової релаксації на зміну супрамолекулярної структури макроланцюгів. Типи деформацій та термомеханічні криві. Температура топлення, склування, високої еластичності та початку термічної деструкції. Залежність вигляду термомеханічної кривої від структури полімеру та молекулярної маси. Склоподібний стан: вплив структури на перехід. Правило Бойєра-Сімхи. Високоеластичний стан. Вплив структури на високо еластичну деформацію. Термодинаміка високоеластичного стану. В'язкотекучий стан. Рівняння Френкеля-Ейрінга. Екструзія. Кристалічний стан високомолекулярних сполук. Будова кристалітів.

Тема 11. Розчини високомолекулярних сполук.

Ознаки розчинів полімерів. Відмінності від розчинів низь молекулярних сполук. Латекси. Механізм розчинення полімерів. Змочування та контракція. Набрякання. Взаємодія сольот-сольвент. Розведення. Зміна об'єму фаз та за загального об'єму системи полімер-розчинник. Теплові ефекти при розчиненні. Необмежене, атермічне та обмежене набрякання. Термодинаміка розчинення. Вплив супрамолекулярної будови полімеру на перебіг процесу розчинення. Властивості розчинів полімеру. В'язкість розчинів полімерів. Відносна в'язкість. Питома в'язкість. Характеристична в'язкість. Рівняння Штаудінгера. Рівняння Марка-Хаувинка-Куна. Рівняння Флорі-Фокса. Точка кросовера. Тиксотропія. Осмотичний тиск розчинів полімерів.

Тема 12. Поліелектроліти.

Класифікація поліелектролітів. Типи сильних та слабких полікислот. Природні слабкі полікислоти. Лігніни, таніни та пектини. Альгінові кислоти. Слабкі та сильні поліоснови. Поліамфоліти. Фазові стани поліелектролітів. Механізм розчинення поліелектролітів. Структурні зміни поліелектролітів при розчиненні. Блоби. Залежність фізико-хімічних властивостей поліелектролітів від рН розчину. Ізоелектрична точка поліамфолітів. Колапс гелів сітчастих полімерів в розчинах.

Тема 13 . Методи дослідження високомолекулярних сполук. Термоаналітичні методи.

Визначення та класифікація термоаналітичних методів. Диференційна пануюча калориметрія. Теплові потоки. Принцип вимірювання. Вплив умов проведення експерименту на результати. Термічна історія зразку. Використання метода диференційної скануючої калориметрії. Теплові переходи в аморфних та напівкристалічних полімерах. Визначення кристалічності зразка полімеру. Диференційна скануюча калориметрія з модульованою температурою. Термогравіметричний аналіз. Застосування. Динамічний механічний аналіз. Принципи методу. Принцип вимірювання. Вплив умов проведення експерименту на результати. Термомеханічний аналіз. Використання методу динамічного механічного аналізу. Релаксація в полімерах. Вторинні та третинні переходи. Ступінь зшиття полімерних матеріалів.

Тема 14. Методи дослідження високомолекулярних сполук. ІЧ та ЯМР спектроскопія.

Молекулярні коливання основного ланцюга та функціональних груп полімеру. Застосування ІЧ спектроскопії для дослідження структури високомолекулярних сполук. Приклади ІЧ спектрів полімерів та допоміжних матеріалів: наповнювачів, пластифікаторів тощо. Інфрачервоні спектри порушеного повного внутрішнього відбиття. Відмінність методу від ІЧ спектроскопії. Перевірка ступеня зшннтя полімеру. Визначення тактичності. Приготування зразків. Схема дослідження невідомого полімерного матеріалу. Спектри ядерного магнітного резонансу високомолекулярних сполук. Підготовка зразка. Умови реєстрації спектрів ^1H та ^{13}C . Визначення структури макроланцюга. Визначення тактичності зразка полімерного матеріалу.

Тема 15. Водорозчинні високомолекулярні сполуки.

Класифікація водорозчинних полімерів. Водорозчинні полісахариди. Водорозчинні полімери на основі целюлози. Неіоногенні похідні целюлози. Крохмалі. Гуарові полімери. Камеді. Акрилові та метакрилові водорозчинні полімери. Полімери окису етилену та пропилену. Їх співполімери. Полівініловий спирт. Полівінілпіролідон.

Тема 16. Використання високомолекулярних сполук в технології косметичних засобів.

Використання полімерних матеріалів при формуляції косметичних засобів. Загущувачі. Модифікатори в'язкості. Підсилювачі в'язкості. Залежність в'язкості косметичного засобу від рН. Механізми загущення: «переплутані» ланцюги, ковалентне зшиття, асоціативний. Приклади комерційно доступних загущувачів. Фіксатори волосся. Кондиціонери.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Зазначається: базова (підручники, навчальні посібники) та додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни.

Можна надати рекомендації та роз'яснення:

- де можна знайти зазначені матеріали (бібліотека, методичний кабінет, інтернет тощо);
- що з цього є обов'язковим для прочитання, а що факультативним;
- як саме студент/аспірант має використовувати ці матеріали (читати повністю, ознайомитись тощо);
- зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни.

Бажаємо зазначати не більше п'яти базових джерел, які є вільно доступними, та не більше 20 додаткових.

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у мережі Інтернет. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова

1. Мигалина Ю.В., О.П. Козарь. *Основи хімії та фізико-хімії полімерів*. Київ. Кондор, 2010.
2. Нижник В.В., Нижник Т.Ю. *Фізична хімія полімерів Підручник*. Київ: Фітосоціоцентр, 2009.
3. Оудиан Дж. *Основи хімії полимеров*. М.: Мир. 1974.
4. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. *Хімія високомолекулярних сполук*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008.
5. Киреев В.В. *Высокомолекулярные соединения: учебник для вузов по спец. «Хим. технол. высокомолекуляр. соединений»*. М.: Высшая школа, 1992.

Допоміжна література

1. І.К. Іщенко, Н.І. Гуляєва, Л.В. Мірошник та ін. *Хімія високомолекулярних сполук: навчальний посібник*. Харків: ХНУ, 1998.
2. *Энциклопедия полимеров*. М.: Советская энциклопедия. 1972. т. 1. 1224 с., 1974. т. 2. 1032 с., 1977. т. 3. –1152 с.
3. Шур А.М. *Высокомолекулярные соединения* М.: Высшая школа, 1981.
4. Стрелихеев А. А., Деревницкая В. А. *Основы химии высокомолекулярных соединений*. М.: Химия. 1976.
5. Зильберман, Е. Н. Наволокина Р.А. *Примеры и задачи по химии высокомолекулярных соединений*. : учеб. пособие для студ. хим. и хим.-технол. спец. вузов. М. : Высшая школа, 1984.
6. Семенов А. А., Карцев В.Г. *Основы химии природных соединений*. М. : МБФ «Научное партнерство», 2009.
7. Тхір І.Г., Гуменецький Т.В. *Фізико-хімія полімерів: Навч.посібник*. Львів: Вид.НУ "Львівська політехніка", 2005.
8. Боечко, Федір Федорович. *Основи хімії полімерів*. 2-е вид., переробл. К.: Рад. шк., 1988.
9. Суберляк О.В., Сембай Є.І. *Основи хімії полімерів*. Л., НУ „Львівська політехніка”: 2004.
10. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. *Физика и химия полимеров*. – М.:Химия, 1989.
11. Тагер А.А. *Физико-химия полимеров*. – М.: Химия, 1999.
12. Бартенев Т.М., Френкель С.Я. *Физика полимеров*. М.: Химия.1990.
13. Сангалов Ю.А., Минскер К.С. *Полимеры и сополимеры. Функциональные проблемы и прикладные аспекты*. Уфа: Гилем. 2001.
14. Лачинов М.Б., Королев Б.А., Оленин А.В. *Методические разработки к практическим работ по синтезу высокомолекулярных соединений*. М. Изд-во МГУ, 2002.
15. Кленин В.И. *Высокомолекулярные соединения*. М. Лань. 2013.
16. Анохін В.В. *Хімія і фізико-хімія полімерів*.Київ.:Вища шк. 1987.

17. Практикум по высокомолекулярным соединениям /под.ред. Кабанова В.А. М., Химия, 1985.

Інформаційні ресурси

18. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу zqyvvtmb.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами робіт комп'ютерного практикуму, лабораторних робіт та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance [18]. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Дата	Опис заняття
1	31 січня - 6 лютого 2022 р.	Лекція 1. Тема 1. Вступ до хімії високомолекулярних сполук. Макромолекула, як головна структура одиниця високомолекулярної сполуки. Класифікація високомолекулярних сполук. Визначення полімеру, мономеру, макромолекули, елементарної ланки. Місце високомолекулярних сполук серед інших класів хімічних об'єктів. Особливості та відмінності високомолекулярних сполук: асиметрія, рухливість, полі дисперсність, високоеластична деформація, анізотропні властивості. Практичне значення полімерів та матеріалів на їх основі. Спрямування сучасного виробництва полімерних матеріалів.
2	7 – 13 лютого 2022 р.	Лекція 2. Тема 2. Основні поняття хімії високомолекулярних сполук. Ступінь полімеризації, основний ланцюг, кінцеві групи. Класифікація полімерів за походженням. Класифікація полімерів за експлуатаційними властивостями. Типи природних полімерів. Вміст високомолекулярних сполук в об'єктах навколишньої природи. Номенклатура високомолекулярних сполук. Термопластичні та термореактивні пластики. Класифікація макромолекул за формою. Топологічні властивості макромолекул: катенани та ротаксани. Типи розгалуження макромолекул. Супрамолекулярна будова полімерних ланцюгів. Класифікація кополімерів. Дендримери. Тривимірні полімери. Класифікація полімерів за однорідністю та розташуванню ланок. Класифікація полімерів за хімічною будовою ланки.
3	14 - 20 лютого 2022 р.	Лекція 3. Тема 3. Молекулярно-масові характеристики високомолекулярних сполук. Полідисперсність. Полімергомологія та полімераналогія. Гомологічна різниця. Молекулярна маса та відносна молекулярна маса. Молекулярно-масовий розподіл. Диференціальний та інтегральний молекулярно-масовий розподіл. Методи визначення молекулярно-масового розподілу:

		фракціонування, дробного висадження, ультрацентрифугування, гель-проникла хроматографія. Характеристики молекулярно-масового розподілу: максимум, напівширина, функція розподілу Середні молекулярні маси високомолекулярних сполук: середньочислова, середньомасова, середньов'язкісна, Z – середня. Методи визначення середньої молекулярної маси: осмометрія, ебуліоскопія, за кількістю кінцевих груп, за світлорозсіянням, віскозиметрія. Залежність властивостей полімерів від молекулярної маси. Полідисперсність та коефіцієнт полідисперсності.
4	21 - 27 лютого 2022 р.	Лекція 4. Тема 4. Синтез високомолекулярних сполук. Радикально-ланцюгова полімеризація. Загальні способи отримання полімерів. Ланцюгова полімеризація. Загальні поняття. Класифікація за типом мономерів. Класифікація за природою активної частинки. Вплив замісників. Термодинаміка ланцюгової полімеризації. Гранична температура полімеризації. Теплота та ентропія полімеризації. Основні етапи ланцюгової полімеризації: ініціювання ланцюгу, рост ланцюга, передача ланцюга, обрив ланцюга. Поняття про кінетичний та матеріальний ланцюг Радикальна полімеризація. Вільні радикали: типи, утворення, основні реакції. Механізм і кінетика радикальної полімеризації. Способи ініціювання полімеризації: хімічний, фотоініціювання, ініціювання іонізуючим опроміненням, термічне ініціювання.
5	28 лютого - 6 березня 2022 р.	Лекція 5. Продовження Темы 4. Реакції розкладу термічних ініціаторів. Фотосенсибілізатори. Механізм термічного ініціювання за Мейо. Вплив основних факторів на процес радикальної полімеризації: температури, тиску, концентрації мономеру та ініціатора. Ефект ґратки та його вплив на кінетику ініціювання. Кінетика зростання ланцюга: диспропорціонування та рекомбінація. Довжина кінетичного ланцюга. Інгібітори радикальної полімеризації. Гель-ефект.
6	7 - 13 березня 2022 р.	Лекція 6. Тема 5. Синтез високомолекулярних сполук. Іонна полімеризація. Загальні положення іонної полімеризації. Відмінності іонної полімеризації від радикальної полімеризації. Структура іонної частинки: будова іонної пари. Катіонна полімеризація. Генерація карбокатиону. Вплив структури на стабільність катіонної частинки. Ініціювання катіонної полімеризації. Каталіз в катіонній полімеризації. Рост ланцюга при катіонній полімеризації. Гідрідний зсув. Передача ланцюга при катіонній полімеризації. Обрив ланцюга. Кінетика катіонної полімеризації. Псевдокатіонна полімеризація. Вплив розчинника на перебіг катіонної полімеризації. Аніонна полімеризація. Вплив структури на стабільність аніону. Ініціювання аніонної полімеризації. Кінетика аніонної полімеризації. Полімеризація без обриву ланцюга. Механізм та кінетика утворення «живих» полімерів. Координаційно-іонна полімеризація. Каталізатори Циглера-Натта.
7	14 - 20 березня 2022 р.	Лекція 7. Тема 6. Синтез високомолекулярних сполук. Поліконденсація. Визначення та класифікація типів поліконденсації. Поліфункціональний мономер. Гомополіконденсація та гетерополіконденсація. Поліциклоконденсація. Зворотня та незворотня поліконденсація. Відмінності полімеризації та

		поліконденсації. Кінетика та механізм перебігу поліконденсації. Відмінності кінетичних схем полімеризації за умови аутокаталізу та зовнішнього каталізу. Зміна молекулярної маси при перебігу поліконденсації. Рівняння Карозерса. Стехіометричний розбаланс. Побічні реакції. Фенопласти. Бакеліт. Схема утворення фенолформальдегідних смол. Поліаміди. Поліефіри. Полікарбонати. Поліуретани. Полісилоксани.
8	21 – 27 березня 2022 р.	Лекція 8. Тема 7. Синтез високомолекулярних сполук. Кополімеризація. Визначення кополімеризації. Технологічне значення кополімерів. Класифікація кополімерів. Кінетика кополімеризації. Константа кополімеризації. Типи кополімеризації та її вплив на склад кополімеру. Блок-кополімеризація. Емпірична оцінка активності мономерів. Схема Алфрея- Прайса.
9	28 березня – 3 квітня 2022 р.	Лекція 9. Тема 8. Способи проведення полімеризації та поліконденсації. Полімеризація в масі. Полімеризація в розчині. Полімеризація в газовій фазі. Полімеризація в твердій фазі. Суспензійна полімеризація. Емульсійна полімеризація. Латекси. Поліконденсація в розтопі. Поліконденсація в розчині. Поліконденсація в твердій фазі. Поліконденсація в газовій фазі. Поліконденсація в емульсії (суспензії). Поліконденсація в двофазній системі.
10	4 - 10 квітня 2022 р.	Лекція 10. Тема 9. Синтез високомолекулярних сполук. Модифікація полімерів та полімераналогічні перетворення. Структурна, композиційна та хімічна модифікація полімерів. Технологічне значення модифікації високомолекулярних сполук. Полімерні композиційні матеріали. Основні типи хімічної модифікації полімерів. Полімераналогічні перетворення. Процеси окиснення полімерів. Гідрування полімерів. Галогенування полімерів. Прищеплення бокових ланцюгів до основного полімерного ланцюга. Внутрішньо молекулярна циклізація. Полімер-ефект. Концентраційний ефект. Електростатичний ефект. Конформаційний ефект. Реакцій кінцевих груп високомолекулярних сполук. Термічна та окисна деструкція полімерів. Стабілізація полімерів. Антиоксиданти. Структурування полімерів. Реакції зшиття. Старіння полімерних матеріалів.
11	11 - 17 квітня 2022 р.	Лекція 11. Тема 10. Агрегатний стан високомолекулярних сполук. Основні поняття: термодинамічна фаза, поверхня розділу, агрегатний стан. Фазові переходи першого та другого роду. Агрегатний стан та фази високомолекулярних сполук. Аморфний стан. Кристалічний стан. Склоподібний, в'язкотекучий та високоеластичний стани. Вплив теплової релаксації на зміну супрамолекулярної структури макроланцюгів. Типи деформацій та термомеханічні криві. Температура топлення, склування, високої еластичності та початку термічної деструкції.
12	18- 24 квітня 2022 р.	Лекція 12. Продовження теми 10. Залежність вигляду термомеханічної кривої від структури полімеру та молекулярної маси. Склоподібний стан: вплив структури на перехід. Правило Бойера-Сімхи. Високоеластичний стан. Вплив структури на високо еластичну деформацію. Термодинаміка високоеластичного стану.

		<i>В'язкотекучий стан. Рівняння Френкеля-Ейрінга. Екструзія. Кристалічний стан високомолекулярних сполук. Будова кристалітів.</i>
13	25 квітня - 1 травня 2022 р.	<i>Лекція 13. Тема 11. Розчини високомолекулярних сполук. Ознаки розчинів полімерів. Відмінності від розчинів низь молекулярних сполук. Латекси. Механізм розчинення полімерів. Змочування та контракція. Набрякання. Взаємодія сольот-сольвент. Розведення. Зміна об'єму фаз та за загального об'єму системи полімер-розчинник. Теплові ефекти при розчиненні. Необмежене, атермічне та обмежене набрякання. Термодинаміка розчинення. Вплив супрамолекулярної будови полімеру на перебіг процесу розчинення. Властивості розчинів полімеру. В'язкість розчинів полімерів. Відносна в'язкість. Питома в'язкість. Характеристична в'язкість. Рівняння Штаудінгера. Рівняння Марка-Хаувинка-Куна. Рівняння Флорі-Фокса. Точка кросовера. Тиксотропія. Осмотичний тиск розчинів полімерів.</i>
14	2 – 8 травня 2022 р.	<i>Лекція 14. Тема 12. Поліелектроліти. Класифікація поліелектролітів. Типи сильних та слабких полікислот. Природні слабкі полікислоти. Лігніни, таніни та пектини. Альгінові кислоти. Слабкі та сильні поліоснови. Поліамфоліти. Фазові стани поліелектролітів. Механізм розчинення поліелектролітів. Структурні зміни поліелектролітів при розчиненні. Блоби. Залежність фізико-хімічних властивостей поліелектролітів від рН розчину. Ізоелектрична точка поліамфолітів. Колапс гелів сітчастих полімерів в розчинах.</i>
15	9 – 15 травня 2022 р.	<i>Лекція 15. Тема 13 . Методи дослідження високомолекулярних сполук. Термоаналітичні методи. Визначення та класифікація термоаналітичних методів. Диференційна скануюча калориметрія. Теплові потоки. Принцип вимірювання. Вплив умов проведення експерименту на результати. Термічна історія зразку. Використання методу диференційної скануючої калориметрії. Теплові переходи в аморфних та напівкристалічних полімерах. Визначення кристалічності зразка полімеру. Диференційна скануюча калориметрія з модульованою температурою. Термогравіметричний аналіз. Застосування. Динамічний механічний аналіз. Принципи методу. Принцип вимірювання. Вплив умов проведення експерименту на результати. Термомеханічний аналіз. Використання методу динамічного механічного аналізу. Релаксація в полімерах. Вторинні та третинні переходи. Ступінь зшиття полімерних матеріалів.</i>
16	16– 22 травня 2022 р.	<i>Лекція 16. Тема 14. Методи дослідження високомолекулярних сполук. ІЧ та ЯМР спектроскопія. Молекулярні коливання основного ланцюга та функціональних груп полімеру. Застосування ІЧ спектроскопії для дослідження структури високомолекулярних сполук. Приклади ІЧ спектрів полімерів та допоміжних матеріалів: наповнювачів, пластифікаторів тощо. Інфрачервоні спектри порушеного</i>

		повного внутрішнього відбиття. Відмінність методу від ІЧ спектроскопії. Перевірка ступеня зшннтя полімеру. Визначення тактичності. Приготування зразків. Схема дослідження невідомого полімерного матеріалу. Спектри ядерного магнітного резонансу високомолекулярних сполук. Підготовка зразка. Умови реєстрації спектрів ^1H та ^{13}C . Визначення структури макроланцюга. Визначення тактичності зразка полімерного матеріалу.
17	23 - 29 травня 2022 р.	Лекція 17. Тема 15. Водорозчинні високомолекулярні сполуки. Класифікація водорозчинних полімерів. Водорозчинні полісахариди. Водорозчинні полімери на основі целюлози. Неіоногенні похідні целюлози. Крохмалі. Гуарові полімери. Камеді. Акрилові та метакрилові водорозчинні полімери. Полімери окису етилену та пропилену. Їх співполімери. Полівініловий спирт. Полівінілпіролідон.
18	30 травня – 5 червня 2022 р.	Лекція 18. Тема 16. Використання високомолекулярних сполук в технології косметичних засобів. Використання полімерних матеріалів при формуляції косметичних засобів. Загущувачі. Модифікатори в'язкості. Підсилювачі в'язкості. Залежність в'язкості косметичного засобу від рН. Механізми загущення: «переплутані» ланцюги, ковалентне зшиття, асоціативний. Приклади комерційно доступних загущувачів. Фіксатори волосся. Кондиціонери.

Практичні заняття.

Практичні заняття з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь та досвіду їх практичного застосування під керівництвом викладача шляхом виконання відповідно сформульованих завдань. Основними цілями практичних занять є оволодіння навиками планування синтезу високомолекулярних речовин реакціями полімеризації та поліконденсації, навчитися досліджувати склад і будову полімерів та матеріалів на їх основі фізичними та хімічними методами, передбачати поведінку полімерних матеріалів при зміні температури та під впливом розчинників, вибору високомолекулярних складових в формуляції косметичних засобів.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	Вступ до хімії високомолекулярних сполук та основні поняття хімії високомолекулярних сполук	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати завдання на правильну ідентифікацію та класифікацію макромолекули високомолекулярної сполуки, мономеру. Назвати полімерну та мономерну сполуку за номенклатуру. Вказати характерні особливості високомолекулярної сполуки, що наведені в завданні. Продемонструвати результати викладачу.
2	Молекулярно-масові характеристики високомолекулярних сполук.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання, з отриманих вихідних даних обрахувати середні молекулярні маси високомолекулярних сполук: середньочислову, середньомасову, середньов'язкістну або виходячи з результатів

		<i>визначення вмісту кінцевих груп. Продемонструвати результати викладачу.</i>
3		<i>Захист роботи</i>
4	<i>Радикально - ланцюгова полімеризація.</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання, обрати схему полімеризації певного мономеру, навести формулу отриманого полімеру, навести схеми відповідних стадій полімеризації, запропонувати ініціатор, навести реакцію ініціювання. Продемонструвати результати викладачу.</i>
5	<i>Іонна полімеризація</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання, обрати схему проведення іонної полімеризації певного мономеру, навести формулу отриманого полімеру, навести схеми відповідних стадій полімеризації, запропонувати ініціатор, каталізатор навести реакцію ініціювання та обриву ланцюга. Продемонструвати результати викладачу.</i>
6		<i>Захист роботи</i>
7	<i>Написання модульної контрольної роботи</i>	
8	<i>Поліконденсація та кополімеризація</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання, обрати схему проведення поліконденсації або кополімеризації, навести формулу отриманого полімеру, навести схеми відповідних стадій реакції. Розрахувати активності пари мономерів в кополімеризації за допомогою схеми Адфрея-Прайса. Продемонструвати результат викладачу.</i>
9	<i>Способи проведення полімеризації та поліконденсації</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання пояснити застосування методу проведення полімеризації для отримання полімерного матеріалу. Визначити вплив методу проведення полімеризації на експлуатаційні характеристики матеріалу.</i>
10		<i>Захист роботи</i>
11	<i>Написання модульної контрольної роботи</i>	
12	<i>Розчини високомолекулярних сполук</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання обчислювати в'язкість (молекулярну масу) за рівняннями що пов'язують в'язкість з характеристиками полімерного макроланцюга. Поясність стадії розчинення обраного полімеру. Продемонструвати розрахунки викладачу.</i>

13	Поліелектроліти	Відповідно до отриманого індивідуального завдання, визначити тип по електроліту. Обрахувати його поведінку при зміні рН розчину. Навести рівняння іонізації. Продемонструвати розрахунки викладачу
14		Захист роботи
15	Термоаналітичні методи дослідження полімерних сполук	Відповідно до отриманого індивідуального завдання, розрахувати характерні температури фазових переходів полімерів за кривою диференційної скануючої калориметрії або термогравиметрії. Продемонструвати розрахунки викладачу.
16	ІЧ метод дослідження полімерних сполук	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розшифрувати структуру високомолекулярної сполуки. Навести частоти коливання функціональних груп макроланцюга. Продемонструвати розрахунки викладачу.
17	Написання підсумкової модульної контрольної роботи	
18	Підсумкове заняття	До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали протягом семестру. Студенти, які були не допущеними до семестрової атестації з кредитного модуля, мають усунути причини, що призвели до цього.

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи дисципліни не заплановані.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовка до захисту практичних завдань, підготовка до іспиту. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, оформлення звітів з комп'ютерних практикумів	2 години на тиждень
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 години
Підготовка до екзамену	8 годин

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms, menti.com, Kahoot тощо). Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила захисту практичних занять:

1. До захисту допускаються студенти, які правильно виконали розрахунки (при неправильно виконаних розрахунках їх слід усунути).
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасні захист і виконання роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Несвоєчасне виконання практичної роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
2. Несвоєчасний захист практичної роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
3. За кожний тиждень запізнення з поданням практичної роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
4. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
5. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
6. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше 10 балів на семестр).

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на практичних/лабораторних заняттях, МКР, захист РР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий екзамен.

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- виконання практичних робіт (4 теми практичних робіт);
- написання модульних контрольних робіт (МКР).

2. Критерії нарахування балів:

1. Практичні роботи

Ваговий бал кожної – 6. Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює: 6 балів \times 4 = 24 балів.

Ваговий бал практичної роботи складається із:

- самостійної підготовки до роботи (опанування теорію, вирішення завдання) – 2 бал;
- виконання практичної роботи – 2 бали;
- своєчасний захист роботи (впродовж практичного заняття) – 2 бали.

Студент взагалі може бути недопущеним до захисту практичної роботи, якщо він не засвоїв теоретичні відомості та не вирішив завдання. В цьому випадку 2 бали може бути знято (дивіться далі штрафні та заохочувальні бали). Несвоєчасний захист роботи оцінюється в 1 бал.

2. Модульний контроль

Ваговий бал за МКР – 36. Максимальна кількість балів за три контрольні роботи дорівнює: (2 бали \times 6 запитань) \times 3 = 36 балів.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 24^2 = 12$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 48^3 = 24$ балів.

4. На **екзамені** студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

Кожне теоретичне питання оцінюється у 13 балів, а практичне – 14 балів ().

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 13–11,7 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 11,6 – 9,8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 9,7– 7,8 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 14–12,6 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 12,5 –10,3 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 10,2–8,8 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 60 балів:

$$RC = r_{пр} + r_{мкр} = 24 + 36 = 60 \text{ балів}$$

² Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

³ Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх практичних робіт, написання МКР та кількість рейтингових балів не менше 30.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: ст. викладачем кафедри фізичної хімії, к.х.н. Компанцем М. О.

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2021 р.)

Ухвалено кафедрою фізичної хімії (протокол № 11 від 30.06.2021)