



МЕМБРАННІ ПРОЦЕСИ В БІОТЕХНОЛОГІЇ. МЕМБРАННІ ТЕХНОЛОГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»
Спеціальність	162 «Біотехнології та біоінженерія»
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, 5 семестр
Обсяг дисципліни	4,0 кредити (120 годин), в т.ч. лекцій 28 годин, практичних – 18 години, лабораторних – 8 години, СРС – 66 годин;
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ст. викл. каф. БТ та І, Фесенко Сергій Вікторович 044-204-94-51 fesenko.serhii@lil.kpi.ua Практичні: к.т.н., ст. викл. каф. БТ та І, Фесенко Сергій Вікторович, 044-204-94-51 fesenko.serhii@lil.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., ст. викл. каф. БТ та І, Фесенко Сергій Вікторович, 044-204-94-51 fesenko.serhii@lil.kpi.ua
Розміщення курсу	Платформа дистанційного навчання «Сікорський». Електронний Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського

Програма навчальної дисципліни

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

Специфічність фармацевтичної та біотехнологічної продукції, її термолабільність, реологічні властивості, стерильність отримання продукції накладають на обладнання біотехнологічних процесів специфічні вимоги.

Процеси розділення рідких та газоподібних сумішей займають значне місце в фармацевтичній та біотехнологічній промисловості. Найбільш універсальним методом розділення є розділення з використанням мембранної технології.

Сьогодні в фармацевтичній та біотехнологічній промисловості все більш отримують термічно- та хімічнолабільні сполуки, виділяють високомолекулярні речовини, застосовують глибоке очищення стічної води і таке інше.

Дисципліна «Мембранні процеси в біотехнології. Мембранні технології» є складовою частиною професійно-орієнтованого циклу підготовки бакалавра спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія, освітньої програми «Біотехнології».

Мета вивчення дисципліни «Мембранні процеси в біотехнології. Мембранні технології» полягає в наданні майбутнім фахівцям знань закономірностей протікання процесів при мікробіологічних та фармацевтичних виробництвах, з метою подальшого їх використання при аналізі, розрахунку та проектуванні обладнання для них.

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечувати:

Загальні компетентності:

здатності

- Здатність аналізувати ефективність мембранних технологій у конкретних біотехнологічних процесах.
- Здатність обирати оптимальний тип мембрани та мембранного процесу для конкретного завдання (очищення, концентрування, фракціонування).
- Здатність виконувати технічне обслуговування біотехнічного обладнання та систем.
- Здатність розробляти інноваційні підходи до оптимізації мембранних процесів.
- Здатність створювати інноваційні системи життєзабезпечення для космічних станцій та екосистем.
- Здатність виконання процедур очищення мембран від забруднень і продовження терміну їх експлуатації.
- Здатність до абстрактного мислення.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність проведення досліджень на певному рівні.

навички:

- Навички використання методів тестування мембранних матеріалів і аналізу їх ефективності.
- Навички застосування математичних моделей для прогнозування та покращення роботи мембранних систем.
- Навички аналізу властивостей мембран (пористість, селективність, хімічна стійкість) і підбору відповідного типу мембрани для певних біотехнологічних задач.
- Навички роботи з обладнанням для мембранних технологій, контроль за параметрами процесу (тиск, потік, температура, рН) для забезпечення стабільної роботи системи
- Навички застосовувати математичні моделі для прогнозування та покращення роботи мембранних систем.
- Навички роботи з обладнанням для мембранних технологій, контроль за параметрами процесу (тиск, потік, температура, рН) для забезпечення стабільної роботи системи.

Очікувані результати навчання

- Розуміти фізико-хімічні основи мембранних процесів, таких як зворотний осмос, ультрафільтрація, нанофільтрація та діаліз.
- Розуміти основи застосування мембранних технологій у біотехнології: зберігання клітин, тканин, органів, очищення біологічних рідин, відділення білків і ферментів.
- Вміти проектувати, експлуатувати й обслуговувати мембранні системи для фільтрації, розділення чи концентрування біологічних продуктів.
- Вміти застосовувати методи тестування мембранних матеріалів і аналізувати їх ефективність.
- Вміти аналізувати ефективність мембранних технологій у конкретних біотехнологічних процесах.
- Знати інноваційні підходи до оптимізації мембранних процесів.

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

Дисципліна «Мембранні процеси в біотехнології. Мембранні технології» є логічним продовженням дисципліни «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв». Дисципліна забезпечує виконання дипломних атестаційних робіт кваліфікаційного рівня бакалавр.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1.1. Устаткування мембранної технології. Вступ. Мембрани. Класифікація мембран. Області їх переважного застосування.

Тема 1.2. Діаліз та електродіаліз.

Тема 1.3. Ультрафільтрація. Зворотний осмос.

Тема 1.4. Термомембранні процеси.

Тема 1.5. Первапорація

Тема 1.6. Розрахунок мембранних процесів та апаратів.

Тема 1.7. Мембранні апарати. Конструкції та області застосування. Методи очищення мембран.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Мембранні технології в галузі [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 133 Галузеве машинобудування / В. М. Мельник, М. В. Шафаренко, Ж. І. Остапенко, С. В. Фесенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 6,13 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025.

2. Моделювання процесів мембранного розділення: навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,17 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 166 с.

3. Конспект лекцій з курсу „Процеси та апарати хімічної технології”, розділ «Мембранні процеси» для студентів II-V курсів усіх спеціальностей / Укл.: О.О. Тертишний, О.В. Тертишна. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2011. – 79 с.

4. Мембранні технології в галузі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. Ф. Калініна, М. В. Шафаренко, О. В. Воробйова. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,85 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 24 с.

5. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.1-416с.

6. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології : підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.2-416 с.

7. Карлаш Ю.В. Основи проектування біотехнологічних виробництв. [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньо-професійної програми «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання /Ю.В. Карлаш, Є.О. Омельчук - К: НУХТ, 2019. – 252 с. <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/69.135.pdf>

8. Українець А.І. Проектування типового і спеціального устаткування мікробіологічної, фармацевтичної та харчової промисловості: Навч. посібник /А.І. Українець, О.Т. Богорош, В.М. Поводзинський; За заг. ред. проф. О.Т. Богороша- К.: НУХТ, 2007.-148 с.

9. Карлаш, Ю. В. Основи проектування біотехнологічних виробництв [Електронний ресурс] : навч. посібник / Ю. В. Карлаш, В. О. Красінько ; Національний університет харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2022. – 373 с.

Додаткова

10. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування /Навч. посібник / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: «Інтелект-Захід», 2008. – 736 с.

11. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв . Ч.І. Ферментація: Навч. посібник / Ю.І.

Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 240 с.

12. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв / Ч.ІІ. Оброблення культуральних рідин: Навч. посібник/ Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 296 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Особливості фармацевтичного та мікробіологічного виробництв. Основні вимоги до мембран [1 – 5].	2
2	Класифікація мембран. Полімерні мембрани. Мембрани з жорсткою структурою. Рідкі мембрани [1 – 5].	4
3	Застосування діалізу та електродіалізу. Перший закон Фіка. Масообмін [1 – 5].	2
4	Баромембранні процеси. Ультрафільтрація. Зворотний осмос. Активна частина мембрани. Виділення речовини. Розділення сумішей. Пористі та непористі мембрани [1 – 5].	4
5	Мембранна дистиляція. Сфери застосування [1 – 5].	4
6	Матеріальний баланс баромембранних процесів. Розрахунок поверхні мембран. Коефіцієнт масопередачі [1 – 5].	2
7	Концентраційна поляризація. Розрахунок. Заходи для зниження концентраційної поляризації [1 – 5].	2
8	Апарати з плоскими, з трубчатими та з рулонними мембранними елементами. Переваги та недоліки [1 – 5].	2
9	Методи очищення мембран [1 – 5].	2
10	Мембранна нанофільтрація. Області застосування [1 – 5].	4
	Всього	28

Практичні роботи

№ з/п	Назва практичної роботи	Кіл-ть ауд. годин
1	Основні елементи технологічних та апаратурно-технологічних схем мембранних установок [1-6].	4
2	Розрахунок установки зворотнього осмосу [1-6].	4
3	Розрахунок установки ультрафільтрації та установки розділення газових сумішей [1-6].	4
4	Розрахунок установки розділення газових сумішей [1-6].	4
5	Модульна контрольна робота	2
	Всього	18

Лабораторні роботи

№	Назва лабораторної роботи	Кіл-ть
---	---------------------------	--------

з/п		ауд. годин
1	Дослідження процесу первапорації на мембранних елементах [1-6].	2
2	Визначення кінетики процесу сорбції на мембранних елементах	2
3	Дослідження процесу первапорації	2
4	Дослідження процесу виділення компоненту суміші за допомогою мембранної насадки	2
	Всього	8

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кіль-ть год
1	Знайомство з застосуванням різних видів мембран	2
2	Очищення води	2
3	Рідкофазні мембранні процеси	2
4	Сфери застосування баромембранних процесів	2
5	Апаратне оформлення процесу мембранної дистиляції	4
6	Концентраційна поляризація. Різні точки зору на цей процес	4
7	Основні методи побудови сітки, вибір оптимальної конфігурації	4
8	Класифікація способів задання граничних умов масообмінних процесів	4
9	Мікрофільтрація	4
10	Вибір мембран	4
11	Вибір апарату для ультрафільтрації	4
12	Апаратне оформлення установки по розділенню газових сумішей	4
13	Альбом конструкцій	8
14	Підготовка до МКР	8
15	Підготовка до заліку	10
	Всього	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Неприпустимі вживання у списку використаної літератури російські джерела (при виконанні індивідуальних самостійних завдань (ІСЗ) тощо).

Плагіат та інші форми не доброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших

авторів. У разі виявлення академічної не доброчесності матеріали необхідно виправити або переробити у відповідності до встановлених вимог у терміни, що не перевищують загальний дедлайн здачі розділу або роботи в цілому.

Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни «Мембранні процеси в біотехнології. Мембранні технології» згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Начальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	Семестрова атестація
5	4,0	120	28	18	8	66	2	Залік

Поточний контроль: виконання практичних робіт, виконання лабораторних робіт, виконання альбому конструкцій

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування всіх лабораторних та практичних робіт, зарахування альбому конструкцій та семестровий рейтинг на менше 36 балів.

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів.

Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) Виконання практичних робіт – 28 балів
- 2) Виконання лабораторних робіт – 20 балів
- 3) Виконання альбому конструкцій – 8 балів
- 4) Модульна контрольна робота – 44 бали

2. Критерії нарахування балів:

2.1 Виконання практичних робіт.

Ваговий бал – 7. Максимальна кількість балів на всіх практичних $4 \times 7 = 28$ балів:

- Правильне виконання задачі з повним поясненням викладеного матеріалу: 7 – 6,5 балів.
- Відсутність суттєвих помилок в розрахунках, змістовні відповіді на питання: 6,4 – 5,5 балів.
- Наявність суттєвих помилок при розрахунку, змістовні відповіді на питання: 5,4 – 4,0 балів.
- Невиконання задачі або наявність суттєвих помилок і відсутність відповідей на питання

практичної: 0 балів.

Якщо практичні роботи здаються після встановленого дедлайну, то вони оцінюються не більше ніж 80% за дане завдання від балів максимум.

2.2 Виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних $4 \times 5 = 20$ балів:

- Правильна відповідь на питання вхідного контролю: 1 бал.
- Правильне, вчасне оформлення протоколу лабораторної роботи: 1 бал.
- Правильна, своєчасна обробка результатів експерименту: 1 бал.
- Правильний, своєчасний захист лабораторної роботи: 2 бали.
- Правильне, невчасне оформлення протоколу лабораторної роботи: 0,8 бал.
- Правильна, несвоєчасна обробка результатів експерименту: 0,8 бал.
- Правильний, несвоєчасний захист лабораторної роботи: 1,5 бали.

2.3 Виконання та захист альбому конструкцій – 8 балів

Ваговий бал – 8.

- Виконані всі вимоги до альбому конструкцій і повністю розкрита тема: 8-6,8 балів;
 - Виконані майже всі вимоги до роботи і розкрита тема: 6,7-6 балів;
 - Є недоліки виконання вимог і певні помилки: 5,9-4,8 балів;
- Не відповідає вимогам до «задовільно» або не здав альбом – 0 балів.

2.4 Виконання МКР:

Ваговий бал – 44.

МКР оцінюється в 44 бали. Завдання цієї роботи складається з двох запитань з переліку, що наданий у додатку А до силабусу.

Кожне питання оцінюється в 22 бали за такими критеріями:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 22 – 19,8 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності – 19,7-16,5 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 16,4-13,2 балів;
- «незадовільно» - незадовільна відповідь – 0 балів.

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 17 балів та виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 30 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) та робота на лекціях.

4. Якщо виконані всі умови і рейтинг студента становить 60 і більше балів, то студент отримує оцінку у відповідності до шкали переведення рейтингових балів.

Студенти, які на момент залікового тижня (основна сесія) є допущеними, але мають рейтинг менше 60 балів (але не менше 36), а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу. Студенти, які були недопущені мають виконати всі види робіт (зарахування лабораторних робіт та альбому конструкцій) до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія) після чого вони виконують залікову контрольну роботу.

У випадку виконання залікової роботи семестровий рейтинг скасовується, а загальна оцінка формується по результатам виконання роботи і становить максимум 100 балів.

2.5. Залікова контрольна робота

Ваговий бал – 100.

Завдання цієї роботи складається з чотирьох запитань з переліку, що наданий у додатку А до силабусу.

Кожне питання оцінюється в 25 балів за такими критеріями:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 25 – 22,5 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності – 22,4-18,8 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 18,7-15 балів;
- «незадовільно», невиконання завдань контрольної роботи (не відповідає вимогам) – 0 балів.

5. Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок.

Бали	Оцінка за університетською шкалою
------	-----------------------------------

100 ... 95	відмінно
94 ... 85	дуже добре
84 ... 75	добре
74 ... 65	задовільно
64 ... 60	достатньо
менше 60	незадовільно
не виконані умови допуску до заліку	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах дистанційного або змішаного режиму проведення занять організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: Google Classroom, «Електронний кампус». Навчальний процес у такій формі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять.

Додаток А

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Мембранні процеси. Галузі застосування.
2. Закон Фіка.
3. Мембранні способи розділення сумішей. Їх класифікація.
4. Мембранні апарати. Вимоги до них.
5. Мембранні процеси. Основні визначення.
6. Мембранні апарати з рулонними мембранними елементами.
7. Механізм мембранного процесу. Визначаючі фактори.
8. Мембранні апарати з порожнистими волокнами. Переваги та недоліки.
9. Основні вимоги до мембран.
10. Мембранні апарати з плоскими мембранами. Переваги а недоліки.
11. Класифікація установок мембранного розділення рідких сумішей.
12. Методи очищення мембран.
13. Пористі мембрани. Області їх застосування.
14. Мембранна дистиляція.
15. Дифузійні мембрани. Їх застосування.
16. Зворотній осмос.
17. Основний варіант проведення процесу мембранного розділення рідкої суміші.
18. Мембранні апарати з трубчатими мембранами. Переваги та недоліки.
19. Мембранне розділення рідкої суміші. Врахування реальних умов.
20. Розрахунок поверхні мембрани.
21. Металеві мембрани. Області застосування.
22. Матеріальний процес баромембранних процесів.
23. Керамічні мембрани. Області застосування.
24. Рівняння масопередачі.
25. Мембрани з пористого скла. Області застосування.
26. Селективність та проникність мембран.
27. Нанесені мембрани. Області застосування.
28. Шляхи зниження концентраційної поляризації.
29. Мембрани з жорсткою структурою. Їх класифікація та застосування.
30. Мембранне розділення рідкої суміші. Секціонування апаратів в установці.
31. Концентраційна поляризація.
32. Розрахунок мембранних установок.
33. Діаліз та електродіаліз.
34. Ультрафільтрація.
35. Рідкофазні мембранні процеси. Їх класифікація.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., ст. викл. Фесенко С.В.

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 13 від 24.06.2026 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 6 від _26.06.2026 р.)