



# Мембранні технології в галузі

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Освітня програма	Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, 7 семестр
Обсяг дисципліни	4,0 кредити (120 годин), в т.ч. лекцій 28 годин, практичних – 18 години, лабораторних – 8 години, СРС – 68 годин;
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит
Розклад занять	4 години на тиждень (1,5 години лекційних, 1 година практичне заняття, 0,5 години лабораторне заняття)
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 illusionfes@ukr.net Практичн: к.т.н., ст. викл. каф. БТ та І, Фесенко Сергій Вікторович, 044-204-94-51 illusionfes@ukr.net Лабораторні: асистент Шафаренко Микола Васильович, 044-204-94, nikolajsafarenko1@gmail.com
Розміщення курсу	Кампус, Google classroom

### 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 технології в галузі» є складовою частиною професійно-орієнтованого циклу підготовки бакалавра спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія, освітньої програми «Хімічна та біоінженерія».

**Мета** вивчення дисципліни «Мембранні технології в галузі» 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:**

- Здатність до абстрактного мислення.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність проведення досліджень на певному рівні.

#### **Фахові компетентності:**

- Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів з виконаних завдань та у впровадженні результатів досліджень і розробок у галузі машинобудування.
- Здатність застосовувати інженерні знання для розробки й реалізації проектів, що задовольняють заданим вимогам.
- Здатність здійснювати вибір сучасних конструкцій, технічних характеристик обладнання для виділення, очищення та концентрування продуктів біосинтезу, принципів вибору конструкцій обладнання для проведення технологічних процесів в фармацевтичній та біотехнологічній промисловості

#### **Програмні результати навчання**

- Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.
- Обирати і застосовувати потрібне обладнання, інструменти та методи.
- Застосовувати фізико-хімічні основи, кінетичних закономірностей процесів, фізичних властивостей середовища та коефіцієнтів переносу для побудови фармацевтичного та біотехнологічного обладнання

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

Дисципліна «Мембранні технології в галузі» є логічним продовженням дисципліни «Процеси 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.

ДКР

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова література:**

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

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.2-416 с.

6. 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>

7. 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.

8. 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**

9. 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.

10. 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.

11. 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].	2
5	Мембранна дистиляція. Сфери застосування [1 – 5].	2
6	Матеріальний баланс баромембранних процесів. Розрахунок поверхні мембран. Коефіцієнт масопередачі [1 – 5].	4
7	Концентраційна поляризація. Розрахунок. Заходи для зниження концентраційної поляризації [1 – 5].	4
8	Апарати з плоскими, з трубчатими та з ролонними мембранними елементами. Переваги та недоліки [1 – 5].	4
9	Методи очищення мембран [1 – 5].	2
10	Мембранна нанофільтрація. Области застосування [1 – 5].	2

	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

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кіл-ть 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	4
2	Очищення води	4
3	Рідкофазні мембранні процеси	4
4	Сфери застосування баромембранних процесів	4
5	Апаратурне 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	Апаратурне оформлення установки по розділенню газових сумішей	4
13	Альбом конструкцій	6

14	Підготовка до МКР	6
15	Підготовка до Іспиту	8
	Всього	68

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. 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.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Штрафні бали в рамках навчальної дисципліни передбачені за запізнення здачі комп'ютерних практикумів.

#### 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)

**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:** іспит.

**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 – 24 балів
- 3) Виконання альбому конструкцій – 8 балів
- 4) Іспит – 40 балів.

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.

За запізнення здачі практичної роботи нараховується штрафні бали: -3 бали.

2.2 Виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал – 6. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних  $4 \times 6 = 24$  балів:

- Правильна відповідь на питання вхідного контролю: 1 бал.
- Оформлення протоколу лабораторної роботи: 1 бал.
- Своєчасна обробка результатів експерименту: 1 бал.
- Своєчасний успішний захист лабораторної роботи: 3 бали.

Відсутність на заняттях без поважної причини чи здача лабораторної із запізненням: -2 бал.

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. Екзаменаційна робота оцінюється в 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох запитань з переліку, що наданий у додатку до робочої програми КМ.

Кожне питання оцінюється з 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 20 - 18 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності – 17-15 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 14-10 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. Для допуску до складання екзамену сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру має бути не менше ніж 36, за умови зарахування лабораторних робіт та альбому конструкцій. Якщо сума балів менш ніж 36, альбом конструкцій або лабораторні роботи не зараховано, студент не допускається до складання екзамену.

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
Є не зараховані практичні роботи та ДКР	не допущено

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **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 полими 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 19.06.2024 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФБТ (протокол № 19 від 28.06.2024 р.)