



# Мембранні технології та синтез мембран

## Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

### Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Хімічні технології та інженерія
Статус освітньої компоненти	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг освітньої компоненти	4 кредити/120 годин (лекційні заняття – 18 годин, лабораторні заняття – 36 годин, СРС – 66 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР / ДКР
Розклад занять	Лекція 2 години на два тижні (1 пара на два тижні), лабораторні роботи 2 години на тиждень (2 пари на два тижні) за розкладом на rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Завідувач кафедри, д.т.н., проф. Донцова Тетяна Анатоліївна, <a href="mailto:dontsova7tetiana@gmail.com">dontsova7tetiana@gmail.com</a> Лабораторні заняття: Старший викладач, к.т.н. Літинська Марта Ігорівна, <a href="mailto:m.litynska-2017@kpi.ua">m.litynska-2017@kpi.ua</a>
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance). ОК "Мембранні технології та синтез мембран" <a href="https://classroom.google.com/c/Nj3ODQyNzEwNTQ2?cjc=5uyazig">https://classroom.google.com/c/Nj3ODQyNzEwNTQ2?cjc=5uyazig</a> - код курсу – 5uyazig

### Програма освітньої компоненти

#### 1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Викладання здобувачам вищої освіти рівня Магістр освітньої компоненти «Мембранні технології та синтез мембран» обумовлене необхідністю надати студентам сучасні підходи до процесів водопідготовки, що передбачає використання передових та прогресивних способів розділення та очищення водних та газових систем мембранними технологіями, що робить спеціалістів в хімічній галузі конкурентоспроможними на ринку праці, а курс дає студентам міцну основу в усіх аспектах використання сучасних рішень очищення газів та рідин і можливість підготовки їх до роботи в актуальних технологічних процесах.

**Предмет освітньої компоненти:** полімерні та керамічні мембрани, сучасні методи формування та синтезу мембран, методи дослідження мембранних матеріалів, мембранні модулі, мембранні конструкції, мембранні процеси.

**Мета освітньої компоненти** надання здобувачам знань фізико-хімічних основ сучасних методів синтезу мембранних матеріалів. Поглиблення знань у галузі мембранних технологій та синтезі мембран.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) **компетентності:**

- здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК1);

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (**ЗК2**);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (**ЗК3**);
- здатність використовувати результати наукових досліджень і дослідно-конструкторських розробок для вдосконалення існуючих та/або розробки нових технологій і обладнання хімічних виробництв (**ФК3**);
- здатність використовувати сучасне спеціальне наукове обладнання та програмне забезпечення при проведенні експериментальних досліджень і здійсненні дослідно-конструкторських розробок у сфері хімічних технологій та інженерії (**ФК4**);
- здатність впроваджувати інновації у процесах хімічної галузі з акцентом на ресурсозбереження та екологічну безпеку (**ФК5**).

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні **програмні результати навчання**:

- критично осмислювати наукові концепції та сучасні теорії хімічних процесів та хімічної інженерії, застосовувати їх при проведенні наукових досліджень та створенні інновацій (**ПРН1**);
- здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію (**ПРН2**);
- здійснювати у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію (**ПРН7**);
- Проводити інновації на виробництвах хіміко-технологічного профілю з акцентом на ресурсозбереження та екологічну безпеку (**ПРН8**).

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

**Пререквізити:** знання у хімічній технології та інженерії на бакалаврському рівні за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

**Постреквізити:** набуті знання та вміння можуть знадобитися для вирішення проблем в сфері хімічних технологій та розробки технологічних показників одержання та практичного застосування нових речовин та функціональних матеріалів у технологіях водопідготовки та водоочищення.

## **3. Зміст освітньої компоненти**

### **Тема 1. Загальні відомості мембранних процесів**

Сучасний стан ринку мембранних технологій. Переваги мембранних технологій водоочищення в порівнянні з традиційними. Старіння мембран під час водопідготовки: механізми, моніторинг та контроль. Огляд матеріалів, методів отримання, розробки мембран, модулів і реакторів та відмінності мембранних процесів. Концентраційна поляризація. Фоулінг та його попередження. Планування та проектування екологічних мембранних систем для водопідготовки.

### **Тема 2. Керамічні мембрани**

Матеріали та способи синтезу, технології отримання керамічних мембран. Селективний шар – надання специфічних властивостей. Застосування керамічних мембран: від розділення газів до очищення стоків.

### **Тема 3. Електроємбранні процеси**

Фундаментальні аспекти електроємбранних процесів. Переваги та недоліки електроємбранних процесів. Електродеіонізація, зворотний електродіаліз, електродіаліз з біполярними мембранами, ємнісна деіонізація. Електродіаліз в процесах очищення води. Останні розробки в електроємбранних процесах, що мають промислове значення.

### **Тема 4. Зворотний, прямий осмос. Розрахунки в спеціальних програмах**

Зворотний та прямий осмос. Мембранні технології для опріснення морської води та очищення солонуватої води. Розрахунки в спеціальних програмах та моделювання технологічних ситуацій. Мембрани для прямого осмосу в промисловому застосуванні.

### **Тема 5. Передові технології в мембранній індустрії**

Нанокompозитні мембрани. Мембранна дистиляція. Мембранний біореактор. Фотокаталітичний мембранний реактор. Досягнення в галузі полімерних та керамічних мембран для очищення води. Біоміметичні мембранні реактори для виробництва водню.

### **Тема 6. Кейси екологічного застосування сучасних мембранних технологій**

Застосування мембран в аналітичних цілях та для індикації забруднюючих речовин водних об'єктів. Мембранні технології для очищення та повторного використання води в харчовій промисловості та виробництві напоїв, у целюлозно-паперовій промисловості, в енергетиці, в газовій та нафтохімічній промисловості, в текстильній промисловості.

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

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології та за посиланням <https://classroom.google.com/c/NjI3ODQyNzEwNTg2?cjc=5uyazig>. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та лабораторних заняттях.

#### **Базова**

1. Донцова Т. А., Кузьмінчук А. В., Янушевська О. І., Літинська М. І., Кирій С.О. Мембранні технології: Керамічні мембрани на основі мінеральної сировини : монографія. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 181 с. ISBN 978-966-990-092-0 <https://drive.google.com/file/d/1TUOUb3ahRwEc6ouD3OYXJUQ894H9HL4v/view>

#### **Додаткова**

1. *Advanced membrane science and technology for sustainable energy and environmental applications* Edited by Angelo Basile and Suzana Pereira Nunes, Woodhead Publishing Limited, 2011
2. Syafiq, Sharip Mohd, Sazali Norazlian, Jamaludin Ahmad Shahir, M. Atif, Aziz Farhana and Wan Salleh Wan Norharyati. "Current Advancement by Membrane Technology: A Review." (2019).
3. Hilal, N., Wright, C.J. Exploring the current state of play for cost-effective water treatment by membranes. *npj Clean Water* 1, 8 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0008-8>
4. Baker, Richard W. *Membrane technology and applications* / Richard W. Baker., 2004, 2nd ed. P.535. ISBN 0-470-85445-6

#### **Інформаційні ресурси**

1. <https://www.dupont.com/resource-center.html?BU=water-solutions>

**5. Методика опанування освітньої компоненти**

**Лекційні заняття**

Вичитування лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Zoom) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Перед кожною лекцією рекомендується ознайомитись з лекційними матеріалами, а також з матеріалами, що рекомендовані для самостійного вивчення.

№	Опис заняття
1	<p><b>Тема 1. Основи мембранних процесів</b></p> <p>Сучасний стан ринку мембранних технологій. Переваги мембранних технологій водоочищення в порівнянні з традиційними. Старіння мембран під час водопідготовки: механізми, моніторинг та контроль. Огляд матеріалів, методів отримання, розробки мембран, модулів і реакторів та відмінності мембранних процесів. Концентраційна поляризація. Фулінг та його попередження. Планування та проектування екологічних мембранних систем для водопідготовки.</p>
2	<p><b>Тема 2. Керамічні мембрани</b></p> <p>Особливості керамічних мембран. Матеріали та способи синтезу, технології отримання керамічних мембран. Селективний шар – надання специфічних властивостей. Застосування керамічних мембран: від розділення газів до очищення стоків.</p>
3	<p>Доповіді за обраними темами.</p>
4	<p><b>Тема 3. Електроємбранні процеси</b></p> <p>Фундаментальні аспекти електроємбранних процесів. Переваги та недоліки електроємбранних процесів. Електродеіонізація, зворотний електродіаліз, електродіаліз з біполярними мембранами, ємнісна деіонізація. Електродіаліз в процесах очищення води. Останні розробки в електроємбранних процесах, що мають промислове значення. Електродіаліз в процесах очищення води. Останні розробки в електроємбранних процесах, що мають промислове значення.</p>
5	<p><b>Тема 4. Зворотний, прямий осмос. Розрахунки в спеціальних програмах</b></p> <p>Зворотний та прямий осмос. Мембранні технології для опріснення морської води та очищення солонуватої води. Мембрани для прямого осмосу в промисловому застосуванні.</p>
6	<p><b>Тема 5. Передові технології в мембранній індустрії</b></p> <p>Нанокмпозитні мембрани. Мембранна дистиляція. Первопорація. Мембранний біореактор. Фотокаталітичний мембранний реактор. Досягнення в галузі полімерних та керамічних мембран для очищення води. Біоміметичні мембранні реактори для виробництва водню.</p>
7	<p><b>Тема 6. Кейси екологічного застосування мембранних технологій</b></p> <p>Застосування мембран в аналітичних цілях та для індикації забруднюючих речовин водних об'єктів. Мембранні технології для очищення та повторного використання води в харчовій промисловості та виробництві напоїв, у целюлозно-паперовій промисловості. Мембранні технології для очищення та повторного використання води в енергетиці, в газовій та нафтохімічній промисловості, в текстильній промисловості.</p>
8	<p><b>Модульна контрольна робота</b></p>
9	<p><b>Залік</b></p> <p>Студенти, які мають низький рейтинг, а також ті, хто хоче підвищити оцінку,</p>

виконують залікову контрольну роботу у вигляді співбесіди.

### **Лабораторні роботи**

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та при самостійній роботі, а також набуття практичних навичок за темою освітньої компоненти. Для цього на лабораторних заняттях детально розглядаються сучасні методи створення керамічних мембран та вивчаються їх властивості. Передбачається також самостійна робота з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти «Мембранні технології та синтез мембран».

Метою лабораторних занять з освітньої компоненти «Мембранні технології та синтез мембран» є закріплення отриманих знань; ознайомлення з технічною реалізацією відомих з лекційного курсу технологій водоочищення модельних зразків води. На лабораторних заняттях студенти оволодіють уміннями використовувати загальну та спеціальну лабораторну техніку, включаючи засвоєння та опанування методик аналізу показників якості води та технологій їх очищення на побутових і комерційних установках. Лабораторні роботи проводяться у вигляді наукових досліджень обраної однієї тематики, яка представляється в кінці семестру у вигляді презентації та доповіді, звіту.

<b>Тиждень</b>	<b>Тема</b>	<b>Опис запланованої роботи</b>
1 (2 пари)	Моделювання мембран і мембранотримачів в середовищі Autodesk Fusion	Набуття навичок створення моделей мембран і мембранотримачів в середовищі Autodesk Fusion, та їх підготовка до 3D друку
2 (2 пари)	Дослідження реологічних властивостей суспензії для 3D друку	Визначення оптимальних реологічних параметрів суспензії, що забезпечують якісний процес друку та цілісність надрукованого виробу
3 (2 пари)	3D друк серії мембран за різних параметрів	Освоєння принципів налаштування обладнання для 3D друку, запуск друку, з'ясування впливу зміни параметрів друку на якість і структуру мембран
4 (2 пари)	3D друк серії мембран за різних параметрів	Поглиблення практичних знань щодо параметрів друку і повторюваності результатів, аналіз дефектів друку та шляхів їх усунення
5 (2 пари)	Дослідження впливу режиму термічної обробки надрукованих мембран на їх механічні властивості	Оцінка змін механічних властивостей під час різних режимів спікання і визначення оптимальних умов термообробки
6 (2 пари)	Дослідження впливу режиму термічної обробки надрукованих мембран на їх механічні властивості	Дослідження стабільності геометричних розмірів та пористості виробів за різних режимів термообробки
7 (2 пари)	Дослідження пористої структури керамічних мембран та їх пористої	Визначення пористості та транспортних властивостей отриманих зразків, встановлення кореляції між параметрами

	<i>структури</i>	<i>друку, термообробки і характеристиками готової мембрани</i>
<i>8 (2 пари)</i>	<i>Захист звіту з проведених робіт</i>	<i>Презентація та доповідь</i>
<i>9 (2 пари)</i>	<i>Підсумкове заняття</i>	<i>Підбиття підсумків. До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали впродовж семестру</i>

## **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

*Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовку до тестів, підготовку до контрольних заходів з лекційного матеріалу, підготовку до захисту лабораторних робіт, виконання розрахункової роботи, а також, підготовку до заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:*

<i>Вид СРС</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, підготовка до доповіді</i>	<i>10</i>
<i>Підготовка до МКР</i>	<i>4 години</i>
<i>Підготовка до захисту лабораторних робіт</i>	<i>36 годин</i>
<i>Виконання розрахункової роботи</i>	<i>10 годин</i>
<i>Підготовка до заліку</i>	<i>6 годин</i>

## **Політика та контроль**

### **7. Політика освітньої компоненти**

*У звичайному режимі роботи університету лекції проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні роботи – в навчальних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та лабораторних робіт є обов'язковим.*

*Перед початком чергової теми лектор надсилає лекційний матеріал із застосуванням інтерактивних засобів для ознайомлення студентів та можливості їх підготовки до заняття.*

#### **Правила захисту ДКР:**

- 1. До захисту робіт допускаються студенти, які правильно виконали та оформили відповідно до вимог письмову домашню контрольну роботу .*
- 2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.*
- 2. Після перевірки завдання викладачем та захисту студентом – виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.*

#### **Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**

- 1. За кожний тиждень запізнення із здачі робіт нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).*
- 2. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 5 заохочувальних балів;*
- 3. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з освітньої компоненти нараховується від 1 до 10 заохочувальних балів;*

*Політика строків здачі 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 <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>, що встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з ОК «Мембранні технології та синтез мембран»;

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка в телеграм чатах) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

## **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: ДКР, МКР, доповідь.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабуса.
3. Семестровий контроль: залік.

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

Рейтинг студента з освітньої компоненти розраховується виходячи із 100-бальної шкали, рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) підготовка доповіді;
- 2) роботи на лабораторних заняттях;
- 3) виконання ДКР;
- 4) виконання МКР.

#### **1. Лекції:**

Доповідь виконується один раз на семестр на лекційних роботах. Ваговий бал – **20 балів**.

«відмінно», творче розкриття теми, вільне володіння матеріалом – 19-20 балів;

«добре», глибоке розкриття одного з питань дискусії – 15-18 балів;

«задовільно», розкриття матеріалу на достатньому рівні – 12-14 балів;

«незадовільно» – 0 балів.

#### **2. Лабораторні роботи:**

Ваговий бал – **30 балів**.

«відмінно», творче розкриття поставленого завдання на лабораторних роботах, вільне володіння матеріалом – 27-30 балів;

«добре», глибоке розкриття одного з питань дискусії – 23-26 балів;

«задовільно», активна участь на практичному занятті – 18-22 балів;

«незадовільно» – 0 балів.

#### **3. ДКР (30 балів):**

Ваговий бал – **30 балів**;

«відмінно», творче розкриття питання, вільне володіння матеріалом – 27-30 балів;

«добре», глибоке розкриття питання – 23-26 балів;

«задовільно», – 18-22 балів;

«незадовільно» – 0 балів;

#### **4. Модульна контрольна робота:**

Ваговий бал за МКР – **20 балів**.

«відмінно», творче розкриття теми, вільне володіння матеріалом – 19-20 балів;

«добре», глибоке розкриття одного з питань – 15-18 балів;

«задовільно», розкриття матеріалу на достатньому рівні – 12-14 балів;

«незадовільно» – 0 балів.

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт. На першому календарному контролі (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 24 = 12$  балів. На другому календарному контролі (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 54 = 27$  балів і зарахована домашня контрольна робота.

Для отримання **заліку** з освітнього компоненту «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, зараховану домашню контрольну роботу, виконані усі лабораторні роботи, а також зарахований звіт до лабораторних робіт. Одержані впродовж семестру рейтингові бали переводяться у відповідну оцінку за наведеною нижче таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують **залікову контрольну роботу у вигляді співбесіди**. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка за домашню контрольну роботу, виконані усі лабораторні роботи та зданий звіт до лабораторних робіт. Завдання контрольної роботи складається з двох питань (теоретичного та практичного за темою лабораторних робіт) робочої програми з переліку, що надані у методичних рекомендацій до засвоєння кредитного модуля.

Теоретичне питання контрольної роботи оцінюється у 30 балів відповідно до системи оцінювання:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) –  $28 \div 30$  балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) –  $22 \div 27$  балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) –  $18 \div 21$  балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне питання контрольної роботи оцінюється у 40 балів відповідно до системи оцінювання:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) –  $38 \div 40$  балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) –  $30 \div 37$  балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) –  $24 \div 29$  балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Одержані на заліку бали сумують із балами, що отримані за ДКР, та переводяться у відповідну оцінку за наведеною вище таблицею.



## **9. Додаткова інформація з освітньої компоненти**

*Вимоги до оформлення домашньої контрольної роботи, перелік запитань і до МКР, і до заліку наведені у Google Classroom «Мембранні технології та синтез мембран» (платформа Sikorsky-distance).*

*Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті <https://osvita.kpi.ua/node/179>*

### **Силабус освітньої компоненти:**

#### **Складено**

доцент кафедри ТНР В та ЗХТ, к.т.н.

Кириї Світлана Олександрівна

завідувач кафедри ТНРВ та ЗХТ, д.т.н., проф.

Донцова Тетяна Анатоліївна

***Ухвалено** кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол № 27 від 24.06.2024 р.)*

***Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2024 року )*