



Мембранні технології та синтез мембран

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G1 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Хімічні технології та інженерія
Статус освітньої компоненти	Вибіркова
Форма навчання	Очна, заочна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг освітньої компоненти	4 кредити ECTS/120 годин ((лекційні заняття – 16 годин, лабораторні заняття – 28 годин, СРС 76 год)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР / РР
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 https://my.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Кириї Світлана Олександрівна, kysvit@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доцент, Кириї Світлана Олександрівна, kysvit@gmail.com
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance). ОК " Мембранні технології та синтез мембран " https://classroom.google.com/c/NjI3ODQyNzEwNTQ2?cjc=5uyazig - код курсу – 5uyazig

Програма освітньої компоненти

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

Викладання здобувачам вищої освіти (з.в.о.) 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.

Метою освітньої компоненти є формування у здобувачів з.в.о. рівня Магістр компетенцій:

- 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 використовувати сучасні методи досліджень, проводити наукові експерименти та вирішувати актуальні технічні задачі в області хімічних технологій та інженерії (ФК7);
- здатність планувати і виконувати наукові дослідження у галузі хімічної інженерії (ФК8);
- здатність створювати екологічні, безвідходні, «зелені», «чисті», ресурсоефективні хімічні технології та сучасні технології моніторингу навколишнього середовища на основі стандартних та оригінальних підходів (ФК11).

Після засвоєння освітньої компоненти студенти мають продемонструвати такі **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);
- знання сучасних методів дослідження, приладів та обладнань, програмного забезпечення в області хімічних технологій та інженерії (ПРН9).

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

Пререквізити: диплом рівня «бакалавр» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія». Бакалаврський рівень знань у хімічній технології та інженерії на бакалаврському рівні.

Постреквізити:	
Наукова робота	Здатність до впровадження передових мембранних технологій на виробництвах хіміко-технологічного профілю
Практика	Здатність до здійснення якісного пошуку у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання очищення і виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію
Виконання магістерської дисертації	Здатність виявляти і вирішувати проблеми в сфері хімічних процесів та апаратів, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень. Здатність до розробки технологічних показників одержання і практичного застосування передових технологій та матеріалів. Здатність до сучасних рішень в області водопідготовки та водоочищення.

Дана освітня компонента формує базу для подальшого навчання на ступінь PhD.

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 технологій 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. Baker, Richard W. Membrane technology and applications / Richard W. Baker., 2004, 2nd ed. P.535. ISBN 0-470-85445-6
2. Syafiq, Sharip Mohd, Sazali Norazlian, Jamaludin Ahmad Shahr, 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. 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.

Додаткова

Інформаційні ресурси

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

Навчальний контент

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.

№	Дата	Опис заняття
1	1 робочий тиждень семестру	Тема 1. Основи мембранних процесів Сучасний стан ринку мембранних технологій. Переваги мембранних технологій водоочищення в порівнянні з традиційними. Старіння мембран під час водопідготовки: механізми, моніторинг та контроль.
2	3 робочий тиждень семестру	Продовження теми 1 – Огляд матеріалів, методів отримання, розробки мембран, модулів і реакторів та відмінності мембранних процесів. Концентраційна поляризація. Fouling та його попередження. Планування та проектування екологічних мембранних систем для водопідготовки
3	5 робочий тиждень семестру	Тема 2. Керамічні мембрани 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.
4	7 робочий тиждень семестру	Тема 3. Електромембранні процеси Фундаментальні аспекти електромембранних процесів. Переваги та недоліки електромембранних процесів. Електродеіонізація, зворотний електродіаліз, електродіаліз з біполярними мембранами, ємнісна деіонізація. Електродіаліз в процесах очищення води. Останні розробки в електромембранних процесах, що мають промислове значення. Електродіаліз в процесах очищення води. Останні розробки в електромембранних процесах, що мають промислове значення.
5	9 робочий тиждень семестру	Модульна контрольна робота (частина 1) Тема 4. Зворотний, прямий осмос. Розрахунки в спеціальних програмах Зворотний та прямий осмос. Мембранні технології для опріснення морської води та очищення солонуватої води. Мембрани для прямого осмосу в промисловому застосуванні.
6	11 робочий тиждень семестру	Тема 5. Передові технології в мембранній індустрії Нанокompозитні мембрани. Мембранна дистиляція. Первopopapация. 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 мембранних технологій Застосування мембран в аналітичних цілях та для індикації забруднюючих речовин водних об'єктів.
7	13 робочий тиждень семестру	Модульна контрольна робота (частина 2) Продовження теми 6. 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.
8	15 робочий тиждень семестру	До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали впродовж семестру. Студенти, які мають низький рейтинг, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують усну залікову контрольну роботу.

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 та полімерних мембран та вивчаються їх властивості. Передбачається також самостійна робота з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти «Сучасні мембранні технології».

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1 (2 пари)	Синтез керамічних мембран та їх дослідження	Формування керамічних матриць методом пресування. Визначення фазового складу та пористості керамічних мембран після термообробки. Визначення пропускної здатності
2 (2 пари)	Дослідження способів нанесення селективного шару	Дослідження методів нанесення селективного шару на поверхню керамічних та полімерних мембран (центрифугування (spin-coating), занурення (dip-coating тощо); порівняння характеристик отриманих мембран різними методами
3 (2 пари)	Синтез селективного шару керамічних мембран та визначення їх селективності по відношенню до різних політантів	Відпрацювання методу синтезу селективного шару, визначення оптимальних параметрів синтезу, дослідження його характеристик. Визначення селективності та параметрів мембранного очищення водних розчинів різного складу
4 (2 пари)	Синтез полімерних мембран, їх характеристика та перевірка ефективності	Синтез полімерних мембран, визначення оптимальних параметрів синтезу, дослідження

		його характеристик. Визначення пропускну здатності
5 (2 пари)	Критичний аналіз отриманих результатів. Проведення характеристики отриманих зразків. Доопрацювання лабораторних робіт	Доопрацювання лабораторних робіт, проведення характеристики отриманих зразків, дослідження їх властивостей, зокрема дослідження пористої структури, спектральний аналіз, хроматографічні дослідження, перевірка видалення мутності
6 (2 пари)	Доопрацювання лабораторних робіт, проведення характеристики отриманих зразків. Захист ДКР та індивідуального завдання	Доопрацювання лабораторних робіт, проведення характеристики отриманих зразків, дослідження їх властивостей. Презентація доповіді з інтерактивними матеріалами
7 (2 пари)	Залікове заняття	Підбиття підсумків. Захист звіту з лабораторних робіт

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СПС) 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:

Вид СПС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, підготовка до тестів	4 години на тиждень
Підготовка до МКР	12 годин
Підготовка до захисту лабораторних робіт	1-1,5 годин на 1 заняття
Виконання розрахункової роботи	10-15 годин
Підготовка до заліку	6 годин

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.

На поточній лекції проводиться опитування за матеріалами попередніх лекцій із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms). Перед початком чергової теми лектор надсилає лекційний матеріал із застосуванням інтерактивних засобів для ознайомлення студентів та можливості їх підготовки до заняття.

Правила захисту РР:

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 5 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: опитування на лекціях, лабораторних роботах, РР, МКР, доповідь.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабуса.
3. Семестровий контроль: усний 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) опитування на лекціях;
- 2) роботи на лабораторних заняттях;
- 3) виконання ДКР (письмово);
- 4) виконання РР;
- 5) підготовка доповіді.

1. Лекції

Ваговий бал – **16 балів** (8 експрес-опитувань по 2 бали кожне);

«відмінно», дані правильні відповіді на всі тестові питання – 2 бали;

«добре», дані 70% правильних відповідей – 1,4 балів;

«задовільно», дані 40% правильних відповідей – 0,8 балів;

«незадовільно» – не дано жодної правильної відповіді – 0 балів;

2. Лабораторні роботи:

Ваговий бал – **30 балів** (5 лабораторних робіт по 6 балів кожна);

«відмінно», творче розкриття питання, вільне володіння матеріалом – 6 балів;

«добре», глибоке розкриття питання – 4 бали;

«задовільно», неповне розкриття теми – 1 бали;

«незадовільно» – 0 балів;

3. РР (20 балів):

Ваговий бал – **20 балів**;

«відмінно», творче розкриття питання, вільне володіння матеріалом – 18-20 балів;

«добре», глибоке розкриття питання – 17-12 балів;

«задовільно», – 5-11 балів;

«незадовільно» – 0 балів;

4. Модульна контрольна робота:

Ваговий бал за МКР – **20 балів** (2 частини по 10 балів).

Оцінювання роботи проводиться у вигляді тестування (40 тестових питань по 0,25 балів кожне, ліміт часу – 50 хвилин).

5. Доповідь:

Ваговий бал за доповідь – **14 балів**.

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), розкрита творчо, із використанням наукових підходів – 11÷14 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 6÷10 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 5 балів) – 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 кредитного модуля «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 **усну залікову контрольну роботу**. 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 40 балів відповідно до системи оцінювання:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 37÷40 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 30÷36 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 22÷29 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) – 37÷40 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 25÷35 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12÷24 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 до МКР та заліку наведені у Google Classroom «Сучасні мембранні технології» (платформа Sikorsky-distance).

10. Приклади запитань до заліку

1. Розкрийте особливості та відмінності зворотного та прямого осмосу. Приклади застосування.
2. Наведіть переваги мембранних технологій водоочищення в порівнянні з традиційними.
3. Розкрийте особливості очищення та повторного використання води в харчовій промисловості мембранними технологіями.
4. Що таке селективний шар для керамічних мембран? Наведіть методи нанесення селективного шару на мембрану та охарактеризуйте матеріали, з яких він може бути синтезований.
5. Що таке мембранний біореактор? Опишіть принцип його дії та надайте характеристики та можливі галузі використання.

Силабус освітньої компоненти:

Складено доцент кафедри ТНР В та ЗХТ, к.т.н.

Кирий 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 № 26 від 30.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26.06.2025 року)