



ОСНОВИ МЕМБРАННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 Галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, розрахункова робота</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., Гулієнко Сергій Валерійович, sergiigulienko@gmail.com, +38504488173</i> Практичні: <i>не передбачено навчальним планом</i> Лабораторні: <i>к.т.н., Гулієнко Сергій Валерійович, sergiigulienko@gmail.com, +38504488173</i>
Розміщення курсу	http://surl.li/sezdcd

Програма навчальної дисципліни

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

*Мембранні процеси – це відносно нові і високоефективні методи розділення сумішей на компоненти, які можуть застосовуватися як для рідких, так і для газоподібних систем. Порівняно з традиційними методами розділення, які детально вивчаються в курсі «Процеси та обладнання хімічних технологій», мембранні методи мають ряд переваг, зокрема, таких як висока ефективність розділення, відсутність реагентів, відносно низькі затрати енергії, простота обладнання. Такі переваги цих процесів обумовили їх широке використання в хімічній, фармацевтичній, біотехнологічній, харчовій галузях, а також для охорони навколишнього середовища. Однак ряд питань щодо мембранної технології залишається невирішеним, крім того виникли нові проблеми, пов'язані з утворенням концентратів, відпрацьованих мембранних модулів тощо. Розповсюдження мембранних процесів в останні 30-50 років та невирішені проблеми висувають потребу зазначених галузей промисловості в фахівцях, які володіють компетенціями щодо проектування, експлуатації та модернізації мембранних процесів та обладнання та здатні вирішувати нагальні проблеми цієї галузі. Тому для студентів, що навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування, освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії, пропонується для вивчення освітній компонент «**Основи мембранної технології**».*

Мембранні процеси як методи розділення являються достатньо новими. Як вже зазначалося, в середині ХХ сторіччя мембранна фільтрація не розглядалася як технічно

важливий процес розділення. Сьогодні мембранні процеси використовуються широко і сфера їх застосування постійно розширюється. З економічної точки зору межа XX та XIX сторіччя – це перехідний період між розвитком мембранних процесів першого покоління, таких як мікрофільтрація (МФ), ультрафільтрація (УФ), зворотний осмос (ЗО), електродіаліз (ЕД) та діаліз і мембранними процесами другого покоління, таких як газорозділення (ГР), первапорація (ПВ) мембранна дистиляція (МД) і розділення за допомогою рідких мембран (РМ). Мембранні процеси класифікуються за видом основної рушійної сили процесу. Рушійною силою мембранних процесів є градієнт хімічного чи електрохімічного потенціалу. Однак, для технічних розрахунків таких процесів, так само як і для решти обмінних процесів, в якості рушійної сили мембранного процесу приймають градієнт фактору, що визначає швидкість даного процесу, наприклад градієнт тиску, температури, тощо. Відповідно виділяють баромембранні процеси, дифузійно-мембранні процеси, електромембранні процеси та термомембранні процеси.

Освітній компонент **«Основи мембранної технології»** передбачає вивчення мембранних процесів, відповідно до зазначеної класифікації. Також розглядаються питання експлуатації мембранного обладнання, методів виготовлення мембран та перспектив розвитку мембранної технології.

Предмет освітнього компоненту **«Основи мембранної технології»** - закономірності та практичне застосування процесів мембранного розділення.

Мета освітнього компоненту **«Основи мембранної технології»** полягає у формуванні комплексу знань:

- Знати і розуміти засади технологічних, фундаментальних та технічних наук, що лежать в основі мембранної технології.

- Знати і розуміти принципи, підходи і методи мембранної технології та перспективи їхнього розвитку, вміти аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

- Знати типові конструкції мембранних апаратів, їх класифікацію, області застосування, принципи та методики розрахунку і вміти здійснювати їх обґрунтований вибір.

Відповідно до мети підготовка бакалавра за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем у мембранній технології.

- Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність типових мембранних систем та їхніх складників на основі застосування аналітичних методів, порівняння аналогів та використання доступних даних.

- Здатність визначати параметри мембранних процесів та здійснювати раціональний вибір обладнання для їх проведення та визначення режимів його роботи в заданих виробничих умовах.

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

Освітній компонент **«Основи мембранної технології»** є вибірковим.

Вимоги до початку вивчення включають Базові знання, що отримуються протягом перших трьох курсів підготовки, зокрема знання з освітніх компонентів: **«Основи хімічної інженерії»**, **«Процеси перенесення у суцільних середовищах»**, **«Процеси та обладнання хімічної технології»**.

Вивчення дисципліни буде корисним дипломному проектуванню, а також при засвоєнні матеріалу ряду дисциплін магістерської підготовки, в першу чергу **«Моделювання процесів синтезу та розділення»** та **«Інноваційні технології очищення та переробки матеріалів»**

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Мембранні процеси як складова хімічних і нафтопереробних виробництв.

Тема 1.1. Сутність мембранних процесів

Сутність методів розділення рідких та газоподібних сумішей з використанням напівпроникних мембран. Історія розвитку мембранних процесів.

Тема 1.2. Класифікація мембранних процесів

Класифікація та характеристики процесів мембранного розділення. Використання мембранних процесів в хімічній та нафтопереробній промисловості та їх порівняння з традиційними методами розділення.

Тема 1.3 Типи мембран та мембранних апаратів

Класифікація мембран. Методи виготовлення мембран. Типові конструкції мембранних апаратів.

Розділ 2. Мембранні процеси.

Тема 2.1. Баромембранні процеси.

Осмоз. Зворотній осмос. Моделі та механізми зворотнього осмосу. Принципи розрахунку процесу. Мікрофільтрація. Ультрафільтрація. Нанофільтрація.

Тема 2.2. Дифузійно-мембранні процеси.

Мембранне газорозділення. Газова дифузія в пористих і непористих мембранах. Первапорація. Діаліз. Звичайний і доннанівський діаліз. Діалізні мембрани.

Тема 2.3. Термомембранні процеси.

Мембранна дистиляція.

Тема 2.4. Електромембранні процеси.

Електродіаліз.

Розділ 3. Практика використання мембранних процесів в хімічній і нафтопереробній промисловості

Тема 3.1. Поляризаційні явища та забруднення мембран

Поляризаційні явища і відкладення на поверхні мембран. Експлуатація мембранного обладнання. Методи очищення й регенерації мембран.

Тема 3.2. Принципові схеми мембранного розділення

Принципові схеми мембранного розділення. Робота каскадів. Приклади роботи каскадів. Підготовка питної води. Очищення стічних вод. Використання мембран в медицині. Розділення азеотропних і термолабільних сумішей. Вилучення парів органічних речовин. Дегідратація етилену.

Тема 3.3. Перспективи розвитку мембранних процесів

Основні напрямки сучасних досліджень мембранних процесів та їх перспективи.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Моделювання процесів мембранного розділення [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів 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: 3,25 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 166 с. – Назва з екрана.
2. Моделювання процесів мембранного розділення: практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузе 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: 2,27 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 104 с.
 3. Гулієнко, С. В. Регенерація рулонованих мембранних модулів систем підготовки води [Електронний ресурс] : монографія / С. В. Гулієнко, Я. М. Корнієнко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 207 с. – Назва з екрана.
 4. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін.. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – 416 с.

Додаткова література:

1. Дослідження процесу зворотного осмосу. Методичні вказівки для проведення науково-дослідної роботи студентів з кредитного модуля «Моделювання процесів мембранного розділення» [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. С.В. Гулієнко– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 14 с.
2. Дослідження мембранного розділення газів / Уклад.: Г.Л. Рябцев, Т.А. Вознюк,. – 2008.
3. Алгоритм розрахунку мембранних апаратів зворотного осмосу та ультрафільтрації / Уклад. І.О. Мікульонок. – 1995.
4. Гулієнко С. В. Процес регенерації рулонованих мембранних модулів : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології / Сергій Валерійович Гулієнко. - Київ, 2016. - 214 с.
5. Huliienko S. V. Korniienko Y. M., Gatilov K. O. (2020). Modern trends in the mathematical simulation of pressure-driven membrane processes. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(1), pp. F1–F21, doi: 10.21272/jes.2020.7(1).f1
6. Huliienko S., Leshchenko O. (2019). Influence of operating pressure on concentration polarization layer resistance in revers osmosis. *Ukrainian food journal*. Vol. 8., Is. 1, pp. 119-132.
7. <https://www.sciencedirect.com/journal/advanced-membranes>
8. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-membrane-science>
9. <https://www.sciencedirect.com/journal/desalination>
10. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-membrane-science-letters>
11. <https://www.mdpi.com/journal/membranes>
12. <http://www.msrijournal.com/>
13. <https://www.sciencedirect.com/journal/membrane-technology>
14. <https://www.sciencedirect.com/journal/separation-and-purification-technology>
15. https://www.youtube.com/watch?v=qaUQE8OkEjo&list=PL86konoyyLTZDIHM_daQFLJYqOfMhY7SY

(Навчальний контент)

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Основи мембранної технології», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;

- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області мембранної технології;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітко і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів досліджень;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Лекція 1. Сутність методів розділення рідких та газоподібних сумішей з використанням напівпроникних мембран. Історія розвитку мембранних процесів. Література [1, 4] Завдання до СРС: Традиційні методи розділення сумішей [4].	2
2	Лекція 2. Основні поняття та характеристики процесів мембранного розділення. Класифікація процесів мембранного розділення. Література [1, 4] Завдання до СРС: Рушійні сили мембранних процесів [1, 4]	2
3	Лекція 3. Мембрани для баромембранних процесів. Методи виготовлення мембран Література [1, 4] Завдання до СРС: Нетрадиційні мембранні матеріали [7-14]	2
4	Лекція 4. Конструкція апаратів для мембранних процесів Література [1, 4] Завдання до СРС: Новітні конструкції мембранних апаратів [7-14]	2
5	Лекція 5. Баромембранні процеси. Осмос. Осмотичний тиск. Література [1, 4] Завдання до СРС: Уточненні рівняння для розрахунку осмотичного тиску [7-14]	2
6	Лекція 6. Зворотній осмос. Нанофільтрація. Література [1, 4] Завдання до СРС: Мембрани для нанофільтрації [7-14]	2
7	Лекція 7. Мікрофільтрація. Ультрафільтрація. Література [1, 4] Завдання до СРС: Промислове та лабораторне використання процесів [1, 4]	2
8	Лекція 8. Дифузійно-мембранні процеси. Мембранне газорозділення в пористих та непористих мембранах. Література [1, 4] Завдання до СРС: Мембрани для газорозділення [7-14]	2
9	Лекція 9. Первапорація Література [1, 4] Завдання до СРС: Мембрани для первапорації [7-14]	2
10	Лекція 10. Діаліз. Звичайний і доннанівський діаліз. Література [1, 4] Завдання до СРС: Діалізні мембрани	2

11	Лекція 11. Розділення за допомогою рідких мембран Література [1, 4]	2
12	Лекція 12. Термомембранні процеси. Мембранна дистиляція. Література [1, 4] Завдання до СРС: Мембрани для мембранної дистиляції	2
13	Лекція 13. Електромембранні процеси. Електродіаліз. Література [1, 4] Завдання до СРС: Мембрани для електродіалізу [1, 4]	2
14	Лекція 14. Концентраційна поляризація. Поляризаційні явища при електродіалізі та мембранній дистиляції Література [1, 3]	2
15	Лекція 15. Забруднення поверхні мембран. Методи зниження негативних наслідків концентраційної поляризації та забруднень. Література [1, 3] Завдання до СРС: Рекомендації виробників мембран щодо регенерації [3]	2
16	Лекція 16. Принципові схеми мембранного розділення. Робота каскадів. Приклади практичного застосування мембранних процесів. Література [1, 3] Завдання до СРС: Конструктивне і апаратне оформлення систем мембранного розділення [7-14]	2
17	Лекція 17. Перспективи розвитку мембранних процесів Література [7-14]	2
18	Лекція 18. Модульна контрольна робота. Захист розрахунково-графічної роботи. Залік	2
	Всього	36

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять (комп'ютерних практикумів):
 допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру;
 навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання вимірів, розрахунків, графічних та інших видів завдань;
 навчити роботі з науковою та довідковою літературою, технічною документацією і схемами;
 формувати вміння вчитися та працювати самостійно.

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Вступ. Ознайомлення з лабораторією. Правила техніки безпеки в лабораторії	1
2	Дослідження процесу зворотного осмосу в проточному режимі	3
3	Дослідження процесу зворотного осмосу в рециркуляційному режимі	4
4	Дослідження процесу мембранного газорозділення	4
5	Дослідження опору мембранних модулів	4
6	Захист звіту з лабораторних робіт	2
	Разом	18

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 55 % часу вивчення освітнього компоненту, включаючи і підготовку до заліку, модульної контрольної роботи та підготовки розрахунково-графічної роботи. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань з курсу, що не увійшли в перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися аналізувати сучасні термодинамічні методи, що використовуються в хімічній інженерії.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Розділ 1. Мембранні процеси як складова хімічних і нафтопереробних виробництв. Традиційні методи розділення сумішей Рушійні сили мембранних процесів Нетрадиційні мембранні матеріали Новітні конструкції мембранних апаратів Література [1-4]	11
2	Розділ 2. Мембранні процеси. Уточненні рівняння для розрахунку осмотичного тиску Мембрани для нанофільтрації Промислове та лабораторне використання процесів Мембрани для газорозділення Мембрани для первапорації Діалізні мембрани Мембрани для мембранної дистиляції Література [1-5]	21
3	Розділ 3. Практика використання мембранних процесів в хімічній і нафтопереробній промисловості. Рекомендації виробників мембран щодо регенерації Конструктивне і апаратурне оформлення систем мембранного розділення Література [1-5]	12
5	Виконання розрахунково-графічних робіт	15
6	Підготовка до заліку	6
	Всього годин	66

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. При розв'язанні задач на практичних заняттях студенти можуть користуватися будь-якими джерелами інформації та засобами обчислень. Всі завдання виконуються індивідуально.

Правила захисту індивідуальних завдань

Навчальним планом передбачено індивідуальне заняття у розрахунковій роботі. Розрахункова робота є розрахунком мембранного апарата за стандартною методикою [2, 3] з обґрунтуванням вибраної методики та аналізом результатів розрахунків

оглядом наукових статей (наприклад з [7, 8]) за визначеною темою. Захист реферату відбувається у формі короткої (до 3 хв.) усної доповіді.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

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

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань за використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здачі екзамену за іншого аспіранта; 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 згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР.	Семестровий контроль
6	4	120	36	-	18	66	1	1	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за: виконання 7 задач на практичних заняттях, захисту реферату та МКР.

Семестровим контролем є залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал – 9. Максимальна кількість балів за практичні заняття $4 \cdot 12 = 48$.

Виконання та захист розрахунково-графічної роботи. Ваговий бал 30.

Модульна контрольна робота. Ваговий бал 22

Залік виставляється за результатами роботи в семестрі.

Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 60 балів, може прийняти участь у заліковій роботі для отримання більш високого балу. У цьому разі, бали, отримані ним на контрольній роботі з додаванням 50% від балів отриманих в семестрі є остаточними.

Залікова контрольна робота (у разі необхідності) оцінюється із 70 балів. Контрольне завдання складається двох теоретичних завдань.

Кожне завдання оцінюється з 35 балів за такими критеріями:

- відмінне виконання завдання, вільне володіння матеріалом на захисті – 32-34 бали.
- добрий рівень виконання, правильні відповіді на питання при захисті завдання – 25-30 балів.
- достатній рівень виконання завдання, наявність незначних неточностей у відповідях – 20-22 балів.
- погана якість виконання роботи, незнання теоретичного матеріалу – 0 балів.

Умовою першої атестації є отримання не менше 20 балів та виконання 50% практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 36 балів та виконання 75% практичних робіт (на час атестації).

Сума отриманих студентом балів переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Проаналізувати історію розвитку мембранних процесів
2. Пояснити сутність методів розділення рідких та газоподібних сумішей з використанням напівпроникних мембран
3. Проаналізувати визначення мембрана та пояснити основну термінологію, що пов'язана з мембранними процесами.
4. Пояснити класифікацію процесів мембранного розділення.
5. Проаналізувати типи мембран.
6. Дати загальну оцінку баромембранним процесам

7. Проаналізувати явище осмосу та умови осмотичної рівноваги (осмотичний тиск)
8. Пояснити процес зворотного осмосу
9. Пояснити практичне застосування процесу зворотного осмосу.
10. Проаналізувати процес мікрофільтрації
11. Проаналізувати процес ультрафільтрації.
12. Проаналізувати методи виготовлення мембран
13. Проаналізувати конструкції плоскорамних мембранних модулів
14. Проаналізувати конструкції трубних мембранних модулів
15. Проаналізувати конструкції спіральних мембранних модулів
16. Проаналізувати конструкції модулів з порожнистими волокнами
17. Дати загальну оцінку дифузійно-мембранним процесам
18. Проаналізувати процес газорозділення в пористих мембранах
19. Проаналізувати процес газорозділення за допомогою непористих мембран
20. Проаналізувати процес первапорації.
21. Проаналізувати процес діалізу
22. Проаналізувати ефект Доннана
23. Проаналізувати процес мембранної дистиляції
24. Проаналізувати параметри мембранної дистиляції
25. Проаналізувати застосування мембранної дистиляції
26. Проаналізувати процес електродіалізу
27. Проаналізувати параметри електродіалізу
28. Проаналізувати застосування електродіалізу
29. Проаналізувати опори перенесенню речовини через мембрану
30. Проаналізувати явище концентраційної поляризації
31. Пояснити особливості концентраційної поляризації в баромембранних процесах
32. Пояснити поляризаційні явища при електродіалізі та мембранній дистиляції
33. Проаналізувати причини падіння потоку в баромембранних процесах
34. Пояснити використання попередньої обробки розділюваних розчинів для зниження впливу концентраційної поляризації
35. Пояснити використання зміни властивостей мембрани та режимних параметрів в модулі для зниження впливу концентраційної поляризації
36. Проаналізувати методи регенерації мембран
37. Пояснити принципи схеми мембранного розділення
38. Пояснити каскадні режими роботи мембранного обладнання
39. Навести приклади схем мембранного розділення
40. Проаналізувати перспективи розвитку мембранних процесів

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. МАХНВ, к.т.н., доц. Сергій ГУЛІЄНКО

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол № 20 від 20.06.2024)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №11 від 28.06.2024)