



Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	101 Екологія
Освітня програма	Екологічна безпека
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс/6 семестр
Обсяг дисципліни	4(120)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	4 години на тиждень (1 години лекційних, 1 година практичних занять та 2 години лабораторних занять)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/qomelya-mikola-dmitrovich.html Практичні /Семінарські: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/qomelya-mikola-dmitrovich.html Лабораторні заняття: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/shablji-tetyana-oleksandrivna.html
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2698

Програма навчальної дисципліни

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

Захист водних екологічних систем від негативного впливу є складною та важливою проблемою. Особливо це важливо для України, водні ресурси якої досить обмежені. При існуючих підходах до водокористування та водоспоживання значна частина природних вододім забруднені внаслідок антропогенного навантаження. Це стосується, насамперед, скиду стічних вод промислових підприємств. Складною є проблема освітлення та знебарвлення природних вод, очищення їх від розчинних органічних та неорганічних речовин. Вирішити дані науково-технічні задачі можливо при використанні коагулянтів процесів іонного обміну та адсорбції. Дані методи характеризуються високою ефективністю при значній продуктивності, є економічно вигідними. Проте важливо правильно вибирати ефективні сорбенти та іонообмінні матеріали. Умови сорбції та іонного обміну, умови регенерації сорбентів та іонітів, реагенти для регенерації іонітів, визначати параметри процесів переробки регенераційних розчинів.

Предмет навчальної дисципліни «Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води» – реалізація підходів, що забезпечать високоякісну підготовку природних вод, надійне очищення стічних вод для повного переходу промислових підприємств на використання безстічних (замкнених) систем водоспоживання.

У значній мірі вирішення даної проблеми буде визначатись рівнем підготовки фахівців, які працюють у галузі охорони навколишнього середовища, включаючи установи управління екологічною безпекою держави, наукові установи та організації, підприємства.

Для успішного вирішення завдань захисту та збереження природних водних екосистем фахівці мають вільно володіти інформацією, вміти вирішувати складні проблеми захисту водойм від забруднення на високому професійному рівні.

Мета навчальної дисципліни «Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води»

Життя та господарська діяльність людини нерозривно пов'язані з використанням природних ресурсів та зміною стану навколишнього природного середовища. Негативні явища, що виникли внаслідок антропогенного впливу на природу, останнім часом безпосередньо загрожують здоров'ю та існуванню людей. На сьогоднішній день в Україні майже немає водойм, води яких належать до першої категорії якості, значна частина населення не забезпечується якісною питною водою. Тому існує гостра необхідність докорінної зміни стратегії водоспоживання та водокористування, у запровадженні ресурсозберігаючих замкнених систем у промисловості та енергетиці. У значній мірі вирішення даної проблеми буде визначатись рівнем підготовки фахівців, які працюють у галузі охорони навколишнього середовища, включаючи окремі підприємства, установи, організації. Для успішного вирішення завдань захисту та збереження природних водних об'єктів такі фахівці мають бути добре обізнані із сучасними методами та технологіями очищення води.

Метою вивчення даного кредитного модуля є формування у студентів комплексу знань в області сучасних фізико-хімічних методів очищення води, комплексу умінь та навиків, необхідних для проведення наукових досліджень в даному напрямку, для створення сучасних технологій водопідготовки та очищення стічних вод, для кваліфікованого управління існуючими технологічними процесами. Відповідно до мети підготовка бакалаврів вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей :

- здатність вдосконалювати, проектувати, реалізовувати та експлуатувати технології та обладнання очищення та переробки вихідних газів, стічних вод та твердих відходів;
- здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів природничих наук;
- здатність проектувати та реалізовувати технології очищення та переробки вихідних газів, стічних вод та твердих відходів.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни **«Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води»**, студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень;
- уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних;
- розробляти технології, використовувати процеси та апарати, що забезпечують ефективне розділення, концентрування, вилучення, деструкцію шкідливих домішок у водних системах і газових середовищах, переробку та утилізацію відходів;

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

Вивчення дисципліни **«Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води»** базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату при вивченні дисциплін природничого та інженерно-технічного спрямування: «Гідрологія», «Хімія з

основами біогеохімії», «Спеціальні розділи біогеохімії», «Біогеохімія», «Органічна хімія», «Аналітична хімія».

Дисципліна «Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води» є фундаментальною основою для вивчення наступних дисциплін: «Технології очищення води», «Водопідготовка в промисловості та комунальних господарствах», «Механічні та біологічні процеси утилізації рідких відходів», «Проектування систем водопостачання», «Оборотні та замкнуті системи водоспоживання», «Централізовані системи водопостачання», «Проектування очисних споруд та систем водокористування», «Процеси та обладнання очищення води», «Станції водоочищення», та забезпечує виконання бакалаврського проекту.

3. Зміст навчальної дисципліни «Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води»

Розділ 1. Сорбція в очищенні води

Тема 1. Сорбція. Основні поняття та визначення

Тема 2. Виведення рівняння ізотерми адсорбції

Тема 3. Вплив природи органічних речовин на величину їх адсорбції

Тема 4. Кінетика та динаміка адсорбції

Розділ 2. Очищення води іонообмінним методом

Тема 1. Іонообмінний метод очищення води. Основні поняття та визначення

Тема 2. Характеристики іонообмінних матеріалів

Тема 3. Катіонообмінні матеріали

Тема 4. Синтез аніонітів та поліамфолітів

Тема 5. Вплив кінетичних факторів на динаміку іонного обміну

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Радовенчик Я.В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2019. – 256 с.
2. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Фізико-хімічні методи доочищення води. Підручник. – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 264 с.
3. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Омельчук Ю.А. Методи та технології очищення стічних вод: Навч. посіб. / – Севастополь: Інститут ядерної енергії та промисловості, 2012. – 244 с.
4. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Носачова Ю.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Фізико-хімічні основи процесів очищення води. Частина 1. Реагентні методи очищення води» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 75 с.
5. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Носачова Ю.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Фізико-хімічні основи процесів очищення води. Частина 2. Фізико-хімічні методи очищення води» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 74 с.
6. Гомеля М.Д., Глушко О.В., Носачова Ю.В. Методичні вказівки до проведення практичних занять та до виконання самостійної роботи з дисципліни «Фізико-хімічні основи очистки води» для студентів напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», 2012.- 50 с.
7. Трус І.М., Галиш В.В., Скиба М.І., Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Нові високоефективні методи очищення від розчинних та нерозчинних поліютантів: монографія. / – К.: Кондор-Видавництво, 2020. – 272 с.

Додаткова література

8. Гончарук В.В. и др. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды. - К.: Наукова думка, 2005. – 399 с.

9. А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздяк, Т.В. Князькова. *Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник.* – К.: Лібра. 2000 – 551 с.
10. Трус І.М. *Маловідходні технології демінералізації води: монографія.* – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 250 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

8. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України - <https://mepr.gov.ua/>
9. Промислова екологія. Спільнота фахівців-екологів - <http://www.eco.com.ua/>
10. Професійна Асоціація Екологів України (ПАЕУ) - <https://paeu.com.ua/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води», 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 визначенні напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів кондиціонування води, прогнозування розвитку на найближчі роки;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання)
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результату і зразків ;
- 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	<p><u>Очистка води адсорбцією</u> <u>Фізико- хімічні основи очистки води адсорбцією .</u> Фізико-хімічні основи очистки води адсорбцією. Адсорбція. Основні поняття та визначення. Адсорбенти. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-105; [9] с. 239-246. Завдання на СРС. Фізична, активована адсорбція та хемосорбція. Пористість органічних, неорганічних, природних та синтетичних адсорбентів.</p>	2
2.	<p><u>Виведення рівняння адсорбції.</u> Ізотерма адсорбції розчиненої речовини. Зміна хімічного потенціалу компоненту при його адсорбції з розчину. Константа адсорбційної рівноваги. Рівняння ізотерми адсорбції. Обчислення ізотерми адсорбції. Основні допущення. Оцінка основних технологічних параметрів</p>	2

	<p>адсорбційного очищення води від розчинених органічних речовин.</p> <p>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 110-116; [9] с. 246-266; [Зд] с. 14-25; 29-69.</p> <p>Завдання на СРС. Залежність енергії адсорбції від структури функціональних груп та структурних елементів молекул органічних речовин..</p>	
3.	<p><u>Вплив природи органічних речовин на величину їх адсорбції.</u></p> <p>Вплив природи органічних молекул на величину їх адсорбції.</p> <p>Вплив іонізації та асоціації молекул на їх адсорбцію. Залежність величини адсорбції від іонізації молекул. Вплив міцелоутворення на величину адсорбції.</p> <p>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 117-123; [9] с. 239-266; [Зд] с. 14-69.</p> <p>Завдання на СРС. Оцінка ступеню дисоціації органічних молекул. Зміна стану розчинів ПАР в залежності від їх концентрації.</p>	2
4	<p><u>Кінетика та динаміка в процесах адсорбції .</u></p> <p>Кінетика і динаміка адсорбції органічних речовин з водних розчинів. Зовнішнє та внутрішнє масоперенесення. Критерій БіО. Товщина примежового шару.</p> <p>Динаміка адсорбції. Формування стаціонарного фронту адсорбційної хвилі. Зона масоперенесення. Параметри динаміки адсорбції. Рівняння Шилова. Час та коефіцієнт захисної дії шару адсорбенту. Регенерація адсорбенту.</p> <p>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 117-129; [9] с. 266-299; [Зд] с. 70-169.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення сорбційної ємності адсорбентів в статичних та динамічних умовах. Сорбційна ємність адсорбенту до проскоку, повна адсорбційна ємність.</p>	2
5	<p>Іонообмінний метод очищення води</p> <p><u>Іонообмінний метод знесолення води</u></p> <p>Іонообмінний метод очищення води. Визначення методу. Загальні поняття. Селективність іонітів. Теорія Грегора.</p> <p>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-136; [9] с. 193-228; [Зд] с. 173-190.</p> <p>Завдання на СРС. Радіуси гідратованих іонів. Набрякання іонітів. Вплив радіусів гідратації іонів на їх сорбцію на іонітах</p>	2
6	<p><u>Характеристики іонообмінних матеріалів.</u></p> <p>Обмінна ємність іоніту. Визначення обмінної ємності в динамічних і статичних умовах. Регенерація іоніту</p> <p>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 136-143; [9] с. 193-228; [Зд] с. 204-220.</p> <p>Завдання на СРС. Застосування теорії «жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол.</p>	2

7	<p><u>Катіонообмінні матеріали.</u> Іонообмінні матеріали. Класифікація іонітів. Синтетичні іоніти, основні способи отримання. Література: [1] с. 165-194; [2] с. 143-152; [9] с. 220-232; [Зд] с. 198-211. Завдання на СРС. Специфіка синтезу кат іонітів різної кислотності.</p>	2
8	<p><u>Синтез аніонітів та поліамфолітів.</u> Аніоніти та поліамфоліти. Методи їх отримання. Основні методи отримання аніонітів, типи та марки аніонітів. Характеристика поліамфолітів Література: [1] с. 165-194; [2] с. 143-152; [9] с. 220-232; [Зд] с. 198-211. Завдання на СРС. Сучасні методи синтезу хлорметилітованих сополімерів стиролу та дивініл бензолу.</p>	2
9	<p><u>Вплив кінетичних факторів на динаміку іонного обміну.</u> Кінетика та динаміка іонного обміну. Стадії іонного обміну, лімітуюча стадія. Зовнішня та внутрішня дифузія. Динаміка іонного обміну. Література: [1] с. 165-194; [2] с. 153-159; [9] с. 287-299; [Зд] с. 84-146. Завдання на СРС. Визначення робочої обмінної ємності іоніту з урахуванням кінетичних факторів.</p>	2
	Всього	18

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по даній дисципліні практичні заняття займають 25 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра в галузі екології, а саме захисту вододім від антропогенного впливу. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання. Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників в області охорони навколишнього природного середовища.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти бакалаврам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних методів та технологій кондиціонування та очищення води;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками вміння виконання розрахунків, графічних та інших завдань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою і схемами;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опанувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<p><u>Адсорбція. Ізотерма адсорбції.</u> Сорбція в статичних умовах. Розрахунок ізотерми адсорбції на основні експериментальних даних. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-129; [9] с. 239-299; [Зд] с. 14-16. Завдання на СРС. Математичні моделі процесів.</p>	2
2	<p><u>Класифікація забруднень води по їх дисперсному стану.</u> Розчинні і нерозчинні домішки у воді. Вимоги до якості води різного призначення. Література: [1] с. 85-113; [3] с. 70-97. Завдання на СРС. Вимоги до якості технічної води.</p>	2
3	<p>Розрахунок константи адсорбційної рівноваги. Ізотерма адсорбції. Теоретичний розрахунок ізотерми адсорбції. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-129; [9] с. 239-299; [Зд] с. 14-16. Завдання на СРС. Розрахунок енергії адсорбції різних органічних речовин.</p>	2
4	<p><u>Характеристики іонообмінних матеріалів.</u> Обмінна ємність іоніту. Визначення обмінної ємності в динамічних і статичних умовах. Регенерація іоніту Література: [1] с. 165-194; [2] с. 136-143; [9] с. 193-228; [Зд] с. 204-220. Завдання на СРС. Застосування теорії «жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол.</p>	2
5	<p><u>Динаміка адсорбції.</u> Визначення сорбційної ємності іоніту в динамічних умовах, використання ізотерм адсорбції. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 130-159; [9] с. 193-232, с. 287-299; [Зд] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211. Завдання на СРС. Розрахунок часу захисної дії адсорбенту за Шиловим</p>	2
6	<p><u>Визначення обмінної ємності іоніту.</u> Розрахунок обмінної ємності іоніту в статичних та динамічних умовах. Розрахунок робочої обмінної ємності. Розрахунок часу захисної дії шару іоніту. Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-159; [9] с. 193-232, с. 287-299; [Зд] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211. Завдання на СРС. Застосування іонного обміну в енергетиці</p>	2
7	<p><u>Іонообмінні технології знесолення води.</u> Вибір іонообмінних матеріалів для очищення води із заданими характеристиками. Обґрунтування технологічної схеми очищення води іонітами. Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-159; [9] с. 193-232, с. 287-299; [Зд] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211.</p>	2

	<i>Завдання на СРС. Іонообмінне вилучення з води іонів важких та кольорових металів.</i>	
8	<i><u>Регенерація іонітів.</u> <u>Розрахунок витрати реагентів на регенерацію іонітів в залежності від типу іонів та іоніту. Визначення витрати води на промивку іоніту.</u> <u>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-159; [9] с. 193-232, с. 287-299; [3д] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211.</u> <u>Завдання на СРС. Відновлювальна регенерація аніонітів в хроматній формі.</u></i>	2
9	<i>Модульна контрольна робота</i>	2
	<i>Всього</i>	18

Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 50 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації організатора природокористування. Метою лабораторно-практичних занять є розвиток у студентів експериментальних навичок, дослідницького підходу до вивчення предмету, закріплення теоретичного матеріалу.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва лабораторної роботи</i>	<i>Кількість аудиторних годин</i>
1	<i>Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури.</i>	2
2	<i>Адсорбція органічних речовин вугіллям в статичних умовах. Адсорбційна очистка води активованим вугіллям в динамічних умовах.</i>	12
3	<i>Мінеральні сорбенти в процесах очищення води від неіоногенних ПАР.</i>	6
4	<i>Іонообмінне очищення води.</i>	12
5	<i>Заключне заняття.</i>	2
6	<i>Залік.</i>	2
<i>Всього годин</i>		36

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота займає 40% часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у 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 глибоко аналізувати сучасні підходи до розробки та впровадження новітніх технологій кондиціонування та очищення води, виходячи із характеристик води і вимог до якості очищеної води. Він повинен вміти створювати найбільш ефективні методи очищення води.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
<i>Розділ 1. Адсорбція в очищенні води</i>		

1	<p>Фізична, активована адсорбція та хемосорбція. Пористість органічних, неорганічних, природних та синтетичних адсорбентів. Вибірковість адсорбції. Вплив характеристик розчинника, його взаємодії з компонентом на процеси адсорбції. Залежність енергії адсорбції від структури функціональних груп та структурних елементів молекул органічних речовин.</p> <p>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-116; [9] с. 239-266; [3д] с. 14-25; 29-69.</p> <p>Оцінка ступеню дисоціації органічних молекул. Зміна стану розчинів ПАР в залежності від їх концентрації. Визначення сорбційної ємності адсорбентів в статичних та динамічних умовах. Сорбційна ємність адсорбенту до проскоку, повна адсорбційна ємність. Математичні моделі процесів адсорбції.</p> <p>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-129; [9] с. 239-299; [3д] с. 14-16, 70-169.</p> <p>Розрахунок енергії адсорбції різних органічних речовин. Розрахунок часу захисної дії адсорбенту за Шиловим.</p> <p>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 130-159; [9] с. 193-232, с. 287-299; [3д] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-211.</p>	20
Розділ 2. Іонний обмін в очищенні води		
2	<p>Радіуси гідратованих іонів. Набрякання іонітів. Вплив радіусів гідратації іонів на їх сорбцію на іонітах. Застосування теорії «жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол.</p> <p>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-143; [9] с. 193-228; [3д] с. 173-190.</p> <p>Специфіка синтезу катіонітів різної кислотності. Сучасні методи синтезу хлорметілованих сополімерів стиролу та дивініл бензолу.</p> <p>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 143-159; [9] с. 220-232, 287-299; [3д] с. 84-146, 198-211.</p> <p>Визначення робочої обмінної ємності іоніту з урахуванням кінетичних факторів. Застосування іонного обміну в енергетиці. Іонообмінне вилучення з води іонів важких та кольорових металів. Відновлювальна регенерація аніонітів в хроматній формі.</p> <p>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-159; [9] с. 193-232, с. 287-299; [3д] с. 84-146, с. 173-190, с. 198-21.</p>	24
	Підготовка до заліку	4
	Всього годин	48

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

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:
 - <https://www.coursera.org/learn/water-treatment>;
 - <https://croapaia.com/water-treatment-pro/>;
 - <https://www.shortcoursesportal.com/studies/56436/introduction-to-drinking-water-treatment.html>).

Але їхня сума не може перевищувати 25% від рейтингової шкали. Зарахування сертифікату з певного он-лайн профільного курсу одноразове.

- 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 при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. 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 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
5	4	120	18	18	36	48	1	–	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях та лабораторних роботах, за написання модульної контрольної роботи.

Семестровим контролем є залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал на 1,2 та 3 практичних заняттях складає по 6 балів; на практичних заняттях 4 – 8 – по 7 балів.

Виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал за 1 лабораторну роботу складає 10 балів, за 2 - 7 балів за 3 лабораторну роботу складає по 10 балів.

Критерії оцінювання виконання практичного завдання

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали		
	Практичні заняття		Лабораторні заняття
<i>Завдання виконане в повній мірі</i>	6	7	10
<i>Незначні недоліки за пунктом 1</i>	5	6	8-9
<i>Несвоєчасне виконання завдання</i>	4	4-5	7
<i>Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1</i>	2-3	2-3	2-6
<i>Неякісне виконання завдання</i>	1	1	1
<i>Невиконання завдання</i>	0	0	0

Модульні контрольні роботи

Ваговий бал – 10 балів. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: 10 балів x2 роботи = 20 балів

Критерії оцінювання контрольних робіт

Повнота та ознаки відповіді	Бали
<i>Повна відповідь</i>	10
<i>У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)</i>	7-9
<i>У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів</i>	4-6
<i>Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки</i>	1-3
<i>Контрольна робота не захищене</i>	0

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 3 \times 6 + 7 \times 5 + 7 \times 1 + 10 \times 2 + 10 \times 2 = 100 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

За результатами навчальної роботи за 18 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 90 балів. На другій атестації (16-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 40 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є рейтинг, що складає не менше 40% від рейтингової шкали (R), тобто 40 балів.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг менше 0,6 R, а також ті, хто хоче підвищити загальний рейтинг, виконують залікову контрольну роботу. При цьому всі бали, що були ними отримані протягом семестру, скасовуються. Завдання контрольної роботи містять запитання, які відносяться до різних розділів кредитного модуля. Перелік залікових запитань наведено у Розділі 9.

Для отримання залікової оцінки, сума всіх отриманих протягом семестру рейтингових балів R переводиться 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. Наведіть основні поняття та визначення методу адсорбції.
2. Поясніть поняття: адсорбційна рівновага, енергія адсорбції.
3. Охарактеризуйте існуючі адсорбенти.
4. Дайте визначення поняттю: ізотерма адсорбції органічних речовин.
5. Наведіть алгоритм обчислення ізотерми адсорбції.
6. Розкрийте поняття: вибірковість адсорбції, питома адсорбційна ємність.
7. Розкрийте поняття: енергія адсорбції.
8. Охарактеризуйте формування фронту адсорбції.
9. Наведіть вихідну криву адсорбції.
10. Розкрийте поняття: лімітуюча стадія в процесі адсорбції. Наведіть критерій БЮ.
11. Визначте вплив розчинності речовини на її адсорбцію. Сформулюйте правило Траубе.
12. Порясніть фізичну, активовану адсорбцію та хемосорбцію.
13. Дайте визначення довжини робочого шару адсорбенту, невикористаного шару адсорбенту.
14. Проведіть оцінку основних технологічних параметрів адсорбційного очищення води.
15. Поясніть вплив іонізації речовин на величину їх адсорбції.
16. Поясніть вплив міцелоутворення на адсорбцію органічних речовин.
17. Поясніть кінетику процесу адсорбції органічних речовин.
18. Опишіть динаміку адсорбції органічних речовин.
19. Наведіть основні поняття та визначення методу іонного обміну.
20. Розкрийте поняття: еквівалентність іонного обміну.
21. Охарактеризуйте швидкість реакції іонного обміну.
22. Поясніть селективність іонітів. Наведіть основні положення теорії Грегора.
23. Охарактеризуйте обмінну ємність іоніту в динамічних та статичних умовах.
24. Наведіть алгоритм визначення коефіцієнту захисної дії сорбенту за рівнянням Шилова.
25. Наведіть константи рівноваги іонного обміну.
26. Охарактеризуйте катіоніти, аніоніти, поліамфоліти, форми іоніту.
27. Охарактеризуйте протиіони і коіони.
28. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу високоосновних аніонітів.
29. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу низькоосновних аніонітів.
30. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу слабокислотних катіонітів.
31. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу кат іонітів середньої сили.

32. Охарактеризуйте основні типи і способи синтезу сильно кислотних катіонітів.
33. Порівняйте гелеві та пористі синтетичні іоніти.
34. Представте форми іонітів і способи їх регенерації.
35. Охарактеризуйте іонообмінні матеріали.
36. Наведіть класифікацію іонітів.
37. Поясніть кінетику іонного обміну при лімітуванні процесу внутрішньою дифузією.
38. Поясніть кінетику іонного обміну при лімітуванні процесу зовнішньою дифузією.
39. Опишіть динаміку іонного обміну.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складенопроф., д.т.н., Гомелею М. Д.

Ухвалено кафедрою Е та ТРП (протокол № 13 від 23.06.2021р.)

Погоджено методичною комісією ІХФ (протокол № 11 від 25.06.2021)