



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

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та біоінженерія
Освітня програма	Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс/6 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС (120 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	4 години на тиждень (1 години лекційних, 3 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 Лабораторні заняття: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/shablii-tetyana-oleksandrivna.html
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5376

Програма навчальної дисципліни

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

Внаслідок інтенсивного використання водних ресурсів в промисловості та комунальних господарствах постійно зростає мінералізація вод у природних водоймах, вміст у них розчинних консервативних забруднювачів. Існуючі технології очищення природних та стічних вод лише на 5-10 % вирішують проблему демінералізації води, яка суттєво ускладнюється через значний скид шахтних вод. Тому більше 30 % населення України споживають воду із надмірною жорсткістю та мінералізацією. Ряд токсичних іонів (кадмій, нікель) присутні в концентраціях вище допустимих практично у всіх системах централізованого водопостачання. Тому адсорбція та іонний обмін, які є основними методами, що забезпечують очищення води від розчинних речовин, включаючи і іони солей, є тими процесами, які успішно вирішують проблеми глибокого очищення води або доочищення водопровідної води до якості питної. Уже на сьогодні вони широко використовуються населенням в локальних установках доочищення води від сполук заліза і марганцю, інших важких металів, іонів жорсткості, активного хлору, токсичних розчинних органічних речовин. Вони широко використовуються на крупних станціях водопідготовки на промислових підприємствах, в комунальних господарствах, енергетиці. Це обумовлено їх високою ефективністю, надійністю та простотою використання. Знання даних технологій дозволить вирішувати складні проблеми з якістю води від побутового рівня до промислових масштабів.

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 хімічних технологій та інженерії, раціонального використання природних ресурсів.

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»

Метою вивчення даного кредитного модуля є формування у студентів комплексу знань в області сучасних фізико-хімічних методів очищення води, комплексу умінь та навичок, 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 використовувати теоретичні основи екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування, основні принципи та складові екологічного управління;
- здатність розрізняти технологічні процеси виробництва, визначати джерела і шляхи надходження у навколишнє природне середовище шкідливих компонентів, оцінювати їх вплив на стан здоров'я людини та якість довкілля;
- здатність застосовувати сучасні експериментальні методи роботи з технологічними об'єктами в промислових і лабораторних умовах.

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

- знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості;
- розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування.

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: «Загальна та неорганічна хімія», «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», «Ресурсоефективні водоциркуляційні системи», «Водопостачання та водовідведення найбільш водоємких підприємств», «Системи промислового водопостачання без скиду стічних вод у довкілля» 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. Шаблій Т.О., Радовенчик В.М. Гомеля М. Д. Застосування нових реагентів і технологій в промисловому водоспоживанні.- К.: Інфодрук, 2014. – 302с.
5. Гомеля М. Д., Радовенчик В.М. Шаблій Т. О. Сучасні методи кондиціонування та очистки води у промисловості. -К.: Графіка, 2007. – 168 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», 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 поліюгантів: монографія. / – К.: Кондор-Видавництво, 2020. – 272 с.

Додаткова література

8. Галиш В.В., Трус І.М., Радовенчик Я.В., Флейшер Г.Ю., Гомеля М.Д. Комплексні технології очищення води від іонів важких металів: монографія. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 152с.
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.
11. Сорбція та іонний обмін в технологіях очищення води. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія», 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М. Д. Гомеля, Т. О. Шаблій, Ю.В. Носачова, В. В. Вембер. – Електронні текстові дані (1 файл: 140 кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 44с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України - <https://mepr.gov.ua/>
2. Промислова екологія. Спільнота фахівців-екологів - <http://www.eco.com.ua/>
3. Професійна Асоціація Екологів України (ПАЕУ) - <https://paeu.com.ua/>
4. Бібліотека ім. В.І. Вернадського – www.nbuv.gov.ua
5. Екологічний портал України – www.ecologyua.com.ua

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, чітко і адекватне їх формулювання)
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результаті 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	Очистка води адсорбцією <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.	2
2.	<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 адсорбційного очищення води від розчинених органічних речовин. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 110-116; [9] с. 246-266; [10] с. 14-25; 29-69. Завдання на СРС. Залежність енергії адсорбції від структури функціональних груп та структурних елементів молекул органічних речовин.	2
3.	<u>Вплив природи органічних речовин на величину їх адсорбції.</u> Вплив природи органічних молекул на величину їх адсорбції. Вплив іонізації та асоціації молекул на їх адсорбцію. Залежність величини адсорбції від іонізації молекул. Вплив міцелоутворення на величину адсорбції. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 117-123; [9] с. 239-266; [10] с. 14-69. Завдання на СРС. Оцінка ступеню дисоціації органічних молекул. Зміна стану розчинів ПАР в залежності від їх концентрації.	2
4	<u>Кінетика та динаміка в процесах адсорбції .</u>	2

	<i>Кінетика і динаміка адсорбції органічних речовин з водних розчинів. Зовнішнє та внутрішнє масоперенесення. Критерій БіО. Товщина прилежового шару.</i> <i>Динаміка адсорбції. Формування стаціонарного фронту адсорбційної хвилі. Зона масоперенесення. Параметри динаміки адсорбції. Рівняння Шилова. Час та коефіцієнт захисної дії шару адсорбенту. Регенерація адсорбенту.</i> <i>Література: [1] с. 135-164; [2] с. 117-129; [9] с. 266-299; [10] с. 70-169.</i> <i>Завдання на СРС. Визначення сорбційної ємності адсорбентів в статичних та динамічних умовах. Сорбційна ємність адсорбенту до проскоку, повна адсорбційна ємність.</i>	
5	<u>Іонообмінний метод очищення води</u> <u>Іонообмінний метод знесолення води</u> <i>Іонообмінний метод очищення води. Визначення методу. Загальні поняття. Селективність іонітів. Теорія Грегора.</i> <i>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-136; [9] с. 193-228; [10] с. 173-190.</i> <i>Завдання на СРС. Радіуси гідратованих іонів. Набрякання іонітів. Вплив радіусів гідратації іонів на їх сорбцію на іонітах</i>	2
6	<u>Характеристики іонообмінних матеріалів.</u> <i>Обмінна ємність іоніту. Визначення обмінної ємності в динамічних і статичних умовах. Регенерація іоніту</i> <i>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 136-143; [9] с. 193-228; [10] с. 204-220.</i> <i>Завдання на СРС. Застосування теорії «жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол.</i>	2
7	<u>Катіонообмінні матеріали.</u> <i>Іонообмінні матеріали. Класифікація іонітів. Синтетичні іоніти, основні способи отримання.</i> <i>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 143-152; [9] с. 220-232; [10] с. 198-211.</i> <i>Завдання на СРС. Специфіка синтезу кат іонітів різної кислотності.</i>	2
8	<u>Синтез аніонітів та поліамфолітів.</u> <i>Аніоніти та поліамфоліти. Методи їх отримання. Основні методи отримання аніонітів, типи та марки аніонітів. Характеристика поліамфолітів</i> <i>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 143-152; [9] с. 220-232; [10] с. 198-211.</i> <i>Завдання на СРС. Сучасні методи синтезу хлорметилованих сополімерів стиролу та дивініл бензолу.</i>	2
9	<u>Вплив кінетичних факторів на динаміку іонного обміну.</u> <i>Кінетика та динаміка іонного обміну. Стадії іонного обміну, лімітуюча стадія. Зовнішня та внутрішня дифузія. Динаміка іонного обміну.</i> <i>Література: [1] с. 165-194; [2] с. 153-159; [9] с. 287-299; [10] с. 84-146.</i> <i>Завдання на СРС. Визначення робочої обмінної ємності іоніту з урахуванням кінетичних факторів.</i>	2
	Всього	18

Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів лабораторні заняття займають 75 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра з хімічних технологій та інженерії. Метою лабораторно-практичних занять є розвиток у студентів експериментальних навичок, дослідницького підходу до вивчення предмету, закріплення теоретичного матеріалу.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1	Вступ. Інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення з програмою лабораторних робіт, видача методичної літератури.	2
2	Адсорбція органічних речовин вугіллям в статичних умовах.	6
3	Адсорбційна очистка води активованим вугіллям в динамічних умовах.	6
4	Мінеральні сорбенти в процесах очищення води від неіоногенних ПАР.	6
5	Іонообмінне очищення води. Катіонування	6
	Регенерація катіоніту КУ-2-8 в Na ⁺ - формі соляною кислотою	6
	Іонообмінне очищення води. Аніонування	6
	Регенерація аніоніту АВ-17-8 в Cl ⁻ -формі гідроксидом натрію	6
	МКР	2
6	Заключне заняття.	4
	Залік	4
Всього годин		54

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до МКР та 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.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
Розділ 1. Адсорбція в очищенні води		
1	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. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-116; [9] с. 239-266; [10] с. 14-25; 29-69. 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. Література: [1] с. 135-164; [2] с. 98-129; [9] с. 239-299; [3д] с. 14-16, 70-169. Розрахунок енергії адсорбції різних органічних речовин. Розрахунок часу захисної дії адсорбенту за Шиловим. 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.	21
Розділ 2. Іонний обмін в очищенні води		
2	Радіуси гідратованих іонів. Набрякання іонітів. Вплив радіусів гідратації іонів на їх сорбцію на іонітах. Застосування теорії	21

	«жорстких» та «м'яких» кислот та основ до оцінки селективності іонообмінних смол. Література: [1] с. 165-194; [2] с. 130-143; [9] с. 193-228; [3д] с. 173-190. Специфіка синтезу катіонітів різної кислотності. Сучасні методи синтезу хлорметилованих сополімерів стиролу та дивініл бензолу. Література: [1] с. 165-194; [2] с. 143-159; [9] с. 220-232, 287-299; [3д] с. 84-146, 198-211. 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. 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.	
3	Підготовка до МКР	2
4	Підготовка до заліку	4
	Всього годин	48

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

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://croipaia.com/water-treatment-pro/>.

Але їхня сума не може перевищувати 10 % 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
6	4	120	18	-	54	48	1	—	залік

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

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

- роботу на лабораторних роботах,
- написання модульної контрольної роботи.

Семестровим контролем є залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал за лабораторну роботу становить 10 балів

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали
	Лабораторні заняття
Завдання виконане в повній мірі	10
Незначні недоліки за пунктом 1	9
Несвоєчасне виконання завдання	9
Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1	8-4
Неякісне виконання завдання	3-1
Невиконання завдання	0

Модульні контрольні роботи

Дві контрольні роботи (МКР поділяється на 2 роботи тривалістю по 45 хвилин)

Ваговий бал – 15 балів. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює:

$$15 \text{ балів} \times 2 \text{ роботи} = 30 \text{ балів}$$

Критерії оцінювання контрольних робіт

Повнота та ознаки відповіді	Бали
Повна відповідь	15-14
У відповіді не наведено другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)	13-10
У відповіді не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів	9-6
Відповідь поверхнева без аналізу параметрів, умов, матеріалів, фактів, неповні висновки	5-1
Контрольна робота не зараховане	0

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 10 \times 7 + 2 \times 15 = 100 \text{ балів}$$

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.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг менше 0,6 R, а також ті, хто хоче підвищити загальний рейтинг, виконують додаткову контрольну роботу. Завдання контрольної роботи містять запитання, які відносяться до різних розділів кредитного модуля. Перелік запитань наведено у Розділі 9.

Завдання контрольної роботи складається з 2 запитань, що відносяться до різних тем кредитного модуля. За правильну відповідь на кожне питання студенти отримують по 5 балів. Отже, максимальна кількість балів за залікову контрольну складає $5 \text{ балів} \times 2 = 10 \text{ балів}$.

Система оцінювання окремих питань залікової контрольної роботи:

Повнота та ознаки відповіді	Бали
«Відмінно»: Повна та вірна відповідь на питання	5
«Добре»: У відповіді не наведено достатньої кількості фактів, прикладів, не зроблено висновків, або допущено окремі неточності;	3-4
«Задовільно»: Дана часткова відповідь, конкретне формулювання законів та термінів відсутнє або допущено грубі помилки;	1-2
«Незадовільно»: Питання не зараховане або відсутнє	0

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 БІО.
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):

Складено проф., д.т.н., Гомелею М. Д.

Ухвалено кафедрою Е та ТРП (протокол № 14 від 08.06.2022р.)

Погоджено методичною комісією ІХФ (протокол № 10 від 24.06.2022)