

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ПРИКЛАДНА РАДІОХІМІЯ ТА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД ВІД
РАДІОНУКЛІДІВ»



Ступінь освіти	бакалавр
Освітня програма	Хімічні технології та інженерія
Тривалість викладання	6-й семестр
Заняття:	2024 – 2025 навч. року
Лекції:	2 години
Лабораторні	2 години
Мова викладання	українська
Кафедра, що викладає	Хімії та хімічної інженерії

Викладач: Олена Юріївна Свєткіна, д.т.н.

Персональна сторінка

<http://chemistry.nmu.org.ua/ua/kafedra>

E-mail:

Svietkina.o.y@nmu.one

1. Анотація до курсу

Дисципліна «Прикладна радіохімія та очистка стічних вод від радіонуклідів» належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін за освітнім рівнем «бакалавр», що пропонуються для професійної підготовки студентів за освітньою програмою 161 «Хімічні технології та інженерія». Вона забезпечує формування у студентів фахової професійно-орієнтованої компетентності та спрямована на вивчення сучасних теоретичних основ і практичних методів радіонуклідних і ядерно-хімічних досліджень речовини, методів ідентифікації радіоактивних елементів, хімічних властивостей ізотопів та речовин; хімії ядерних перетворень та супутніх їм фізико-хімічних процесів.

У рамках курсу викладено теоретичний матеріал будови атомного ядра; розглянуто типи радіоактивних перетворень, основний закон радіоактивного розпаду, фізико-хімічні закономірності поведінки радіоактивних речовин, тощо. Найбільша увага приділена синтезу мічених радіоактивними ізотопами сполук. використанню радіонуклідів в науці й технології, зокрема, застосуванню радіоактивних ізотопів в аналітичній, органічній і фізичній хімії, в медицині, основам технології ядерного пального.

Опанування теоретичних і практичних основ дисципліни дозволить прогнозувати й використовувати відповідні радіонуклідні і ядерно-хімічні процеси і методи дослідження, розуміючи при цьому можливі екологічні наслідки перебігу хімічних реакцій. Така компетентність сприяє формуванню і розвитку у здобувачів освіти здатності успішно застосовувати теоретичні знання для здійснення

виробничих процесів, необхідних для вдосконалення сучасних і створення новітніх технологій.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування компетентностей щодо використання хімічних знань з прикладної радіохімії при професійній підготовці бакалаврів за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Завдання курсу:

– ознайомити здобувачів вищої освіти з предметом і завданням курсу прикладної радіохімії, як самостійної фундаментальної галузі знань, з сучасними уявленнями про види радіаційно-хімічних перетворень;

– розглянути теоретичні питання методів виділення та ідентифікації радіоактивних елементів, хімічних властивостей радіоактивних елементів, ізотопів та речовин; хімії ядерних перетворень та супутніх їм фізико-хімічних процесів; особливості хімії радіоактивних елементів;

– знати і вміти використовувати основи прикладної радіохімії: пряме визначення хімічних елементів за допомогою радіоактивних реагентів.; радіометричне титрування; метод ізотопного розведення; активаційний аналіз; визначення вмісту хімічних елементів за їх радіоактивністю; фотонейтронний метод; рентгенорадіометричний аналіз; рентгенівський флуоресцентний аналіз; радіохімічні аспекти позитрон-емісійної томографії; радиофармпрепарати (РФП).

– навчити здобувачів вищої освіти проводити раціональний вибір технології з позицій екологічної безпечності та економіки.

3. Результати навчання

1. Розуміти і враховувати фізико-хімічні властивості, загальні механізми поведінки радіонуклідів в навколишньому середовищі, механізми дії іонізуючого випромінювання, що впливають на реалізацію технічних рішень щодо вирішення практичних завдань прикладної радіохімії.

2. Вибирати, планувати, та обчислювати параметри роботи окремих видів хімічного обладнання, техніки і хімічних технологій на підставі знань професійно-орієнтованих наук та сучасних методів і новітніх приладів контролю з прикладної радіохімії використовуючи:

- основні положення теорії хімії радіоактивних елементів;
- основні закони радіохімії;
- основні види радіаційно-хімічних перетворень;

3. Знати методи прикладної хімії, які широко використовуються у радіохімії, тобто різні варіанти радіометрії, ядерної спектрометрії, активаційного аналізу, методу «мічених» атомів, методів ізотопних і неізотопних носіїв та ін.;

4. Оцінювати ступень ефективності застосування сучасних радіонуклідних і ядерно-хімічних методів дослідження речовини, методів ідентифікації радіоактивних елементів, хімічних властивостей ізотопів та речовин; хімії ядерних перетворень та супутніх їм фізико-хімічних процесів для професійної підготовки та діяльності за фахом;

5. Вміти аналізувати і прогнозувати наслідки радіаційно-хімічних перетворень.

6. Здійснювати пошук новітніх техніко-технологічних й організаційних рішень, спрямованих на впровадження у виробництво інноваційних розробок з очистки стічних вод від радіонуклідного забруднення.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1. Предмет і завдання курсу прикладної радіохімії.

Історія радіоактивності. Формування радіохімії як науки. Розділи радіохімії: загальна радіохімія, хімія радіоактивних елементів, хімія ядерних перетворень, прикладна радіохімія

2. Атомне ядро. Радіоактивність.

Елементарні ядерні частинки. Заряд атомного ядра. Маса атомного ядра. Дефект маси. Форма й розміри ядра. Структура ядра. Спин и магнітний момент ядра. Ізотопи, ізобари, ізотони. Енергія зв'язку й стійкість ядер. Ядерні сили. Типи взаємодій ядерних частинок, сильні взаємодії, електромагнітні взаємодії, слабкі взаємодії, гравітаційні взаємодії. Теорії будови атомного ядра: крапельна модель будови ядра; оболонкова модель ядра. Радіоактивність. Нуклід. Радіонуклід. Радіація або іонізуюче випромінювання.

3. Типи радіоактивних перетворювань.

Альфа-распад. бета-розпад; гама-розпад; електронне захоплення; нейтронний розпад; протонний розпад; спонтанний поділ. Енергетичні умови різних типів радіоактивних перетворень. Правила зміщення Фаянса-Содді

4. Основний закон радіоактивного розпаду.

Основний закон радіоактивного розпаду в диференціальній та інтегральній формах. Радіоактивна рівновага. Константа радіоактивного розпаду k . Період піврозпаду. Середня тривалість життя нукліда t . Природна радіоактивність. Радіоактивні ряди.

5. Ізотопний обмін.

Механізм ізотопного обміну. Ізотопний обмін у хімічних сполуках різних класів. Константа рівноваги. Ізотопного обміну. Коефіцієнт обміну. Ступінь обміну. Ізотопні ефекти: оптичні спектри; термодинамічний ізотопний ефект; кінетичні ізотопні ефекти.

6. Фізико-хімічні закономірності поведінки радіоактивних речовин

Стан радіоактивних речовин в ультрарозбавлених системах (розчинах, газах, твердих речовинах). Колоїдоутворення та адсорбція радіоактивних речовин в розчинах. Методи концентрування та виділення радіонуклідів: екстракція, хроматографія, електрохімічні методи (безструмового осадження, електролізу, електрофорезу), метод Сцилларда-Чалмерса.

7. Хімія ядерних перетворень.

Ядерні реакції, визначення. Загальна характеристика ядерних реакцій. Механізми ядерних реакцій. Форма запису. Основні характеристики ядерних реакцій: вихід реакції, ефективний перетин ядерних реакцій. Поділ важких ядер. масу. Ланцюгові ядерні реакції. Коефіцієнт використання теплових нейтронів. Коефіцієнт розмноження. Умови ланцюгової реакції: використання відбивачів; сповільнювачів; сепарація. Поняття про критичну масу Некерована ланцюгова реакція. Керована

ланцюгова реакція. Термоядерний синтез. Напрямки отримання радіоактивних ізотопів.

8. Хімія радіоактивних елементів

Особливості хімії радіоактивних елементів. Радіоактивні елементи і радіоактивні ізотопи в природі. Штучні радіоактивні елементи. Хімія урану Радій. Ядерно-фізичні властивості радію Радон, торій, полоній, аstat.

9. Взаємодія радіоактивного випромінювання з речовиною.

Взаємодія заряджених частинок та електромагнітного випромінювання з речовиною, механізм збурення та іонізації молекул речовини. Радіаційно-хімічні процеси в речовині. Механізм виникнення активних частинок. Радіаційно-хімічний вихід. Радіоліз. Радіоліз розведених водних розчинів неорганічних та органічних сполук. Особливості радіаційних перетворень у твердих речовинах

10. Радіометрія. Радіометричні та радіохімічні методи аналізу.

Одиниці вимірювання інтенсивності радіоактивного випромінювання. Дози опромінення. Поглинута доза. Потужність дози. Іонізаційні, сцинтиляційні, фотографічні методи реєстрації випромінювання. Електроскоп. Метод фотоемульсій. Іонізаційні камери. Газові лічильники. Сцинтиляційні лічильники. Фізичні та хімічні методи реєстрації радіоактивного випромінювання, їх загальна характеристика. Напівпровідникові лічильники. Калориметричний метод вимірювання інтенсивності випромінювання. Хімічний метод реєстрації випромінювання

11. Синтез мічених радіоактивними ізотопами сполук.

Методи та особливості синтезу мічених радіоактивними ізотопами сполук та їхня ідентифікація.. Хімічні, фізико-хімічні, ядерно-хімічні й біохімічні методи синтезу

12. Радіонукліди в науці й технології. Застосування радіоактивних ізотопів в аналітичній, органічній і фізичній хімії

Радіонукліди у хімічному аналізі. Пряме визначення хімічних елементів за допомогою радіоактивних реагентів. Радіометричне титрування. Метод ізотопного розведення Активіаційний аналіз. Визначення вмісту хімічних елементів за їх радіоактивністю. Фотонейтронний метод. Рентгенорадіометричний аналіз. Рентгенофлуоресцентний аналіз. Радіохімічні аспекти позитрон-емісійної томографії. Використання мічених сполук в біології і медицині. Радиофармпрепарати (РФП).

13. Основи технології ядерного пального. Ядерні паливні цикли

Хімія ядерного пального. Ядерні паливні цикли (ЯПЦ).. Схема паливного циклу АЕС. Ядерні реактори Технологія переробки опроміненого ядерного пального. Технологія знешкодження радіоактивних відходів: збір, транспортування, очистка, переробка, зберігання.

14. Очистка стічних вод від радіонуклідів

Вибір сорбентів для утилізації води, забрудненої радіонуклідами. Вибір методів отримання сорбентів очищення. Методи механоактивації мінеральної сировини для отримання сорбентів.

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

ЛР-1. Техніка безпеки при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання.

ЛР-2. Іонізаційні методи реєстрації іонізуючого випромінювання. Вимірювання радіоактивності за допомогою лічильника Гейгера-Мюллера

ЛР-3. – Матиматична обробка результатів радіометричних вимірювань

ЛР-4. Визначення періоду напіврозпаду довговічного радіонукліду ^{238}U .

ЛР-5. Взаємодія ядерного випромінювання із речовиною:

– Визначення верхньої границі β -спектру ^{90}Sr .

– Визначення лінійного коефіцієнту послаблення γ -випромінювання різними матеріалами.

ЛР-6. Дозиметрія. Вимірювання доз від джерела γ -випромінювання (^{60}Co , ^{137}Cs) та визначення гранично допустимого часу перебування на різних відстанях від джерела γ -випромінювання. Розрахунок свинцевого захисту від γ - випромінювання.

ЛР-7. Визначення вмісту γ – випромінювальних радіонуклідів у зразках будівельної сировини

ЛР-8 Вибір сорбентів для утилізації води, забрудненої радіонуклідами

ЛР-9 Вибір методів отримання сорбентів очищення

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

№ роботи (шифр)	Назва роботи	Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи
ЛР-1	Інструктаж з правил техніки безпеки в хімічній лабораторії. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання.	Інструктаж з техніки безпеки. Презентаційні слайди
ЛР-2	Іонізаційні методи реєстрації іонізуючого випромінювання. Вимірювання радіоактивності за допомогою лічильника Гейгера-Мюллера	Установка з лічильником Гейгера-Мюллера, радіоактивний стандартний препарат
ЛР-3	Матиматична обробка результатів радіометричних вимірювань	Установка з лічильником Гейгера-Мюллера, набір стандартних препаратів з реєстрованою активністю від 300 до 3000 імп/с.
ЛР-4	Визначення періоду напіврозпаду довговічного радіонукліду ^{238}U .	Установка з лічильником Гейгера-Мюллера, титрований розчин солі, що містить $^{238}_{92}\text{U}$, алюмінієві поглиначі, інфрачервона лампа.
ЛР-5	Взаємодія ядерного випромінювання із речовиною: – Визначення верхньої границі β -спектру	Радіометрична установка з лічильником Гейгера - Мюллера, препарат ^{90}Sr +

№ роботи (шифр)	Назва роботи	Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи
	⁹⁰ Sr. –Визначення лінійного коефіцієнту послаблення γ-випромінювання різними матеріалами	⁹⁰ Y, набір алюмінієвих поглиначів (товщина x = 0.0075 см), ¹³⁷ Cs, набір алюмінієвих і свинцевих поглиначів.
ЛР-6	Дозиметрія. Вимірювання доз від джерела γ -випромінювання (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs) та визначення гранично допустимого часу перебування на різних відстанях від джерела γ -випромінювання. Розрахунок свинцевого захисту від γ - випромінювання.	Дозиметр СРП 68-01, джерело іонізуючого випромінювання (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs).
ЛР-7	Визначення вмісту γ – випромінювальних радіонуклідів у зразках будівельної сировини	Гамма-спектрометр із напівпровідниковим або Сцинтиляційним детектором; набір джерел ЗСГД (зразкові стандартні гамма-джерела); проби будівельної сировини (гравію).
ЛР-8	Вибір сорбентів для утилізації води, забруд радіонуклідами	Дозиметр СРП 68-01, джерело іонізуючого випромінювання (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs).
ЛР-9	Вибір методів отримання сорбентів очищення	Дозиметр СРП 68-01, джерело іонізуючого випромінювання (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs).

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

6.2. Здобувачі вищої освіти можуть отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана

кількість балів з поточного тестування та виконання і захисту лабораторних робіт складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Лабораторна частина		Бонус	Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні		
40	60	30		100

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі 4 контрольних тестових робіт, кожна з яких містить тестові закриті запитання: вірна відповідь кожного оцінюється в 1 бал, максимальна кількість 10 балів, загалом за 4 контрольні – максимум 40 балів.

Виконання лабораторних робіт є обов'язковим. Лабораторні роботи оцінюються шляхом перевірки звіту лабораторної роботи і її захисту (кожна по 7 балів), крім першої, яка оцінюється в 4 бали. Загалом максимально 60 балів.

6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі ККР, яка містить 5 завдань, з яких 4 теоретичних і 1 задача.

1 правильна відповідь оцінюється у **8 бали (разом 40 балів)**. Опитування проводиться з використанням технології Microsoft Office 365.

2. Вирішена на папері робота сканується (фотографується) та відсилається на електронну пошту викладача впродовж часу, відведеного на задачу теоретичної частини. Несвоєчасно вислана відповідь враховується такою, що не здана.

3. Вирішена на папері робота сканується (фотографується) та відсилається на електронну пошту викладача впродовж часу, відведеного на задачу теоретичної частини. Несвоєчасно вислана відповідь враховується такою, що не здана.

Правильно вирішена **задача** оцінюється також в 8 балів, причому:

- **8 балів** – відповідність еталону, з одиницями виміру;
- **7 балів** – відповідність еталону, без одиниць виміру або помилками в розрахунках;
- **6 балів** – незначні помилки у формулах, без одиниць виміру;
- **4 бали** – присутні суттєві помилки у рішенні;
- **1 бал** – наведені формули повністю не відповідають еталону;
- **0 балів** – рішення не наведене.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на

засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

8 Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. Кіосе Т. О. Радіохімія з основами радіоекології. Радіаційний вплив на біологічні об'єкти : практикум для студентів ф-ту хімії та фармації / Т. О. Кіосе, Л. А. Раскола – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2022. – 140 с. **URI** <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/33886>

2. Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. К49 Радіоекологія : підручник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 304 с. ISBN 978-966-327-468-3

3. Курбет Т.В., Мельник В.В. Радіаційна безпека: Навчальний посібник для виконання самостійних та практичних робіт студентів. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка». 2021. – 92 с. ISBN 978-966-683-575-1

4. Краснопорова А.П., Юхно Г.Д. Лабораторний практикум: Основи радіохімії та радіоекології: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів хімічного факультету. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2017. — 103 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://zakon4.rada.gov.ua> Офіційний сайт Верховної Ради України
1. <http://www.mon.gov.ua> Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України
1. <http://www.menr.gov.ua> Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів України
2. <http://www.docload.ru> Безкоштовна бібліотека стандартів та нормативів
3. www.irbis-nbuv.gov.ua Наукова періодика України. Бібліотека ім. В. Вернадського
4. <http://sop.org.ua> Служба охорони природи – Інформаційний центр
5. <http://env.teset.sumdu.edu.ua> **Науковий центр прикладних екологічних досліджень**
6. Електронні інформаційні ресурси – сайти: кафедри хімії НТУ «Дніпровська політехніка:
<http://chemistry-chemists.com>
<http://himik.nmu.org.ua/ua/>