

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра прикладної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету



Олег КАЛУГІН

“ 4 ” вересня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Радіохімія та радіоекологія

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
 /
 галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
 (шифр і назва)
 спеціальність (напрямок) _____ За спеціальністю 102 – «Хімія» _____
 (шифр і назва)
 Освітньо- професійна програма «Харчова хімія та харчова безпека»
 спеціалізація _____
 (шифр і назва)
 вид дисципліни _____ обов'язкова _____
 (обов'язкова / за вибором)
 факультет _____ хімічний _____

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою **хімічного** факультету

протокол № 7 від 27 серпня .2024р.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Краснопьорова Алла Петрівна
к.х.н., доцент кафедри прикладної хімії

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної хімії
протокол № 1 від 26 серпня 2024р.

Завідувач кафедри



(підпис)

(Валентин ЧЕБАНОВ)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
«Харчова хімія та харчова безпека»

Гарант освітньо-професійної програми «Харчова хімія та харчова безпека»



(підпис)

(Наталія НІКІТИНА)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

хімічного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

протокол № 1 від 26 серпня 2024р.

Голова методичної комісії



(підпис)

(Павло ЄФІМОВ)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Радіохімія та радіоекологія» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки «Харчова хімія та харчова безпека» першого рівню вищої освіти «бакалавр» спеціальності (напряму) 102 – «Хімія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування уявлення про загальний зв'язок між мікроскопічними властивостями ядер і властивостями радіоактивних елементів та про радіоактивність, як фактор навколишнього середовища; познайомити студентів з теоретичними основами сучасних методів дослідження радіоактивності.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є радіоактивні елементи, що в основних фізичних проявах якісно відрізняються від нерадіоактивних елементів, методи синтезу та практичного застосування радіоактивних елементів, радіоекологія навколишнього середовища.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- ознайомлення студентів із сучасними уявленнями про будову атомного ядра та законами радіоактивного розпаду;
- розгляд типів радіоактивних перетворень та взаємодії ядерного випромінювання з речовиною;
- розгляд синтезу радіоактивних елементів за допомогою ядерних реакцій;
- розгляд хімічних та фізичних властивостей радіоактивних елементів, методів виділення, концентрування та розділення радіоактивних елементів та їх практичне використання, зокрема в ядерній енергетиці;
- ознайомлення з основними поняттями радіоекології, які включають: джерела опромінення людини іонізуючою радіацією та біологічну дію радіації, дозиметрію іонізуючих випромінювань, а також методи захисту організму від пошкоджуючої дії радіації та норми радіаційної безпеки;
- набуття практичних навичок шляхом виконання лабораторних робіт присвяченихознайомленню студентів з сучасними методами реєстрації ядерного випромінювання, визначенню ядерно-фізичних характеристик радіоактивних елементів - періоду напіврозпаду, та енергії розпаду, основних дозиметричних величин

Набуття наступних компетенцій:

Загальні:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
3. Здатність працювати у команді.
9. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
11. Здатність бути критичним і самокритичним

Фахові:

2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.
7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.
8. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.
9. Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.
10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.
11. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність).
27. Здатність до проведення радіохімічного аналізу продуктів харчування.

1.3. Кількість кредитів - 5

1.4. Загальна кількість годин – 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	3-й
Семестр	
5-й	5-й
Лекції (дистанційна) форма навчання на платформі GOOGLE MEET	
32 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття	
- год.	- год.
Лабораторні заняття	
16 год.	4 год.
Самостійна робота	
102 год.	138 год.
Індивідуальні завдання	
-год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

- P01.** Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.
- P03.** Описувати хімічні дані у символічному вигляді.
- P04.** Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.
- P08.** Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.
- P09.** Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.
- P13.** Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.
- P14.** Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.
- P15.** Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.
- P17.** Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.
- P18.** Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.
- P20.** Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.
- P42.** Знати основні закони радіохімії та радіоекології, методи та вміти провести радіохімічний аналіз харчових продуктів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу (лекції)

Тема 1. Вступ

Історія радіохімії, предмет и задачі радіохімії, особливості радіохімії, Місце радіохімії серед інших хімічних наук. Радіохімія та екологія та значення радіохімії для радіоекології.

Тема 2. Фізичні основи радіохімії

Елементарні частинки, протонно - нейтронний склад ядер. Властивості атомного ядра: заряд, маса ядра і число нуклонів. Розміри ядра. Ізотопи , ізобари, ізотони.

Енергія зв'язку ядра. Ядерні сили. Стійкість атомних ядер. Ядерні моделі: крапельна модель, модель Фермі - газу, оболонкова модель ядра. Радіоактивність. Ядерні сили та ядерні моделі. Магічні числа ядерної структури.

Основні закони радіоактивного розпаду. Основний закон радіоактивного розпаду в диференціальній та інтегральній формах. Абсолютна радіоактивність. Період напіврозпаду. Радіоактивне рівновагу. Радіоактивні сімейства. Радіоактивна рівновага

Типи радіоактивних перетворювань. Енергетичні умови різних типів радіоактивних перетворень. Правила зміщення Фаянса-Содді. Альфа - розпад, бета-розпад , гамма-випромінювання ядер (ізомерний перехід) , спонтанне ділення , випускання запізнлого протона , випускання запізнлого нейтрона

Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною. Ефекти, якими супроводжується проходження α , β , γ - випромінювання через речовину. Зв'язок між пробігом α , β , γ -випромінювання та їх енергією. Іонізаційні та радіаційні втрати при проходженні заряджених частинок через речовину. Радіаційна хімія. Радіоліз води та водних розчинів. Радіоліз органічних речовин.

Тема 3. Основи ядерної хімії.

Утворення та одержання радіонуклідів. Ядерні реакції, визначення. Загальна характеристика ядерних реакцій. Форма запису. Класифікація ядерних реакцій. Основні характеристики ядерних реакцій: вихід реакції, ефективний перетин ядерних реакцій. Механізм ядерних реакцій.

Ядерні реакції і утворення радіонуклідів в природі. Термоядерні реакції і утворення важких елементів в Зірках. Утворення радіонуклідів в природі Землі.

Утворення радіонуклідів в енергетичних установках (штучна радіоактивність). Реакції, при яких заряд ядра Z не змінюється. Отримання радіонуклідів по реакціям (n, γ). Реакції поділу важких ядер (n, f). Ланцюгові ядерні реакції.

Реакції, при яких змінюється заряд ядра. Прискорювачі і можливості синтезу нових елементів. Одержання радіонуклідів із продуктів розпаду урану і торія. Утворення радіонуклідів в природі Землі.

Тема 4. Методи виділення, розділення та концентрування радіоактивних нуклідів.

Фізико-хімічні закономірності поведінки радіоактивних речовин. Стан радіоактивних речовин в ультрарозбавленому розчині. Колоїдоутворення та адсорбція радіоактивних речовин в розчинах.

Розподіл радіоактивних речовин між двома фазами. Визначення мікрокомпоненту та макрокомпоненту. Носії- ізоотопні, специфічні(ізоморфні) та неспецифічні(інертні). Основні закономірності співосадження та спікрісталізації. Закономірності співосадження з ізоотопними носіями. Закономірності процесів співосадження зі специфічними носіями. Закономірності процесів співосадження з неспецифічними носіями. Кількісна теорія спів осадження.

Екстракція. Рідинно - рідинна екстракція. Види екстракційних рівноваг. Кинетика екстракції. Умови виконання екстракції речовини. Механізм процесу екстракції. Фактори, які впливають на процес екстракції. Основні кількісні характеристики процесу екстракції. Константа екстракції і коефіцієнт розподілу. «Сорбційна» екстракція (твердофазна екстракція) Екстракційні системи на принципах «зеленої хімії». Екстракція іонів металів із водних розчинів іонними рідинами. Екстракційні системи на основі водорозчинних полімерів.

Хроматографія. Іонообмінна хроматографія. Розподільча хроматографія. Осадова хроматографія.

Електрохімічні методи. Метод без використання зовніш ЕДС (бестоковое осаждение, цементация). Метод с применением внешней ЭДС (электролиз). Разделение изотопов методом электромиграции (электрофорез).

Метод Сциларда-Чалмерса (эффект отдачи). Другие методы

Тема 5. Хімія радіоактивних елементів. Особливості хімії радіоактивних елементів. Природні та штучні радіоактивні елементи. Історія відкриття, отримання, фізичні і хімічні властивості, застосування.

Технецій Прометій Полоній Астат Радон, Францій Радий

Актиноїди (^{89}Ac , ^{90}Th , ^{91}Pa , ^{92}U , ^{93}Np , ^{94}Pu , ^{95}Am , ^{96}Cm , ^{97}Bk , ^{98}Cf , ^{99}Es , ^{100}Fm , ^{101}Md , ^{102}No , ^{103}Lr).

Трансуранові актиноїди (^{93}Np , ^{94}Pu , ^{95}Am). Общие свойства трансураниевых актиноидов

Трансамерициєві актиноїди (${}_{96}\text{Cm}$, ${}_{97}\text{Bk}$, ${}_{98}\text{Cf}$, ${}_{99}\text{Es}$, ${}_{100}\text{Fm}$, ${}_{101}\text{Md}$, ${}_{102}\text{No}$, ${}_{103}\text{Lr}$)

Трансактиноїдні елементи (${}_{104}\text{Rf}$, ${}_{105}\text{Db}$, ${}_{106}\text{Sb}$, ${}_{107}\text{Bh}$, ${}_{108}\text{Hs}$, ${}_{109}\text{Mt}$, ${}_{110}\text{Ds}$, ${}_{111}\text{Rg}$, ${}_{112}\text{Cn}$, ${}_{113}\text{Nh}$, ${}_{114}\text{Fl}$, ${}_{115}\text{Mc}$, ${}_{116}\text{Lv}$, ${}_{117}\text{Ts}$, ${}_{118}\text{Og}$).

Тема 6. Радіоекологія. Основні цілі і завдання радіоекології. Радіаційний моніторинг та його особливості.

Тема 7. Дозиметрія. Основні поняття та одиниці дозиметрії: поглинена доза, експозиційна доза, еквівалентна доза.

Радіаційний моніторинг. Основні поняття. Принципи організації радіаційного моніторингу з метою захисту людини від іонізуючих випромінювань

Тема 8. Джерела опромінення людини іонізуючою радіацією.

Зовнішнє та внутрішнє опромінення. Зовнішнє опромінення космічними та природними джерелами радіації. Природний радіаційний фон. Опромінення від інкорпорованих природних джерел.

Технологічно змінений природний радіаційний фон.

Опромінення за рахунок діяльності підприємств ядерного паливного циклу. Радіоактивні відходи (твєді, рідкі та газообразні). Поховання радіоактивних відходів. Ядерні випробування, екологічні наслідки. Шляхи міграції радіонуклідів в природі.

Опромінення за рахунок джерел, які використовуються в медицині. Професійне опромінення.

Тема 9. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Механізм біологічної дії радіаційного випромінювання при зовнішньому опроміненні. Критичні органи при зовнішньому опроміненні. Наслідки, які розвиваються при опроміненні.

Біологічна дія інкорпорованих радіонуклідів.

Норми радіаційної безпеки НРБУ-97, їх призначення. Принципи, на яких будується радіаційна безпека та протирадіаційний захист.

Тема 10. Захист організму від зовнішнього та внутрішнього опромінення. Фізичний захист організму від зовнішнього опромінення.

Хімічний захист організму від зовнішнього опромінення. Радіопротектори. Радіозахисні речовини короткострокової дії: меркаптоалкіламіни, індоліалкіламіни

Біологічний радіозахист (речовини довгострокової дії). Захист організму від внутрішнього опромінення.

Розділ 2. Лабораторні заняття

Тема 11. Техніка безпеки при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання.

Тема 12. Іонізаційні методи реєстрації іонізуючого випромінювання. Вимірювання радіоактивності за допомогою лічильників Гейгера-Мюллера.

Тема 13. Математична обробка результатів радіометричних вимірювань. Статистичний характер розпаду радіоактивних ізотопів.

Тема 14. Закони радіоактивного розпаду. Визначення періоду напіврозпаду довгоживучого радіонукліду ${}^{238}\text{U}$.

Тема 15. Взаємодія ядерного випромінювання із речовиною.

Визначення верхньої межі β -спектру ${}^{90}\text{Sr}$. Визначення лінійного коефіцієнту послаблення γ -випромінювання ${}^{137}\text{Cs}$ різними матеріалами.

Тема 16. Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Вимірювання доз від джерела γ -випромінювання (${}^{60}\text{Co}$, ${}^{137}\text{Cs}$) та визначення гранично допустимого часу перебування на різних відстанях від джерела γ -випромінювання. Розрахунок свинцевого захисту від γ -випромінювання.

Тема 17. Ідентифікація радіонуклідів методом гама-спектрометрії. Аналіз об'єктів навколишнього середовища на вміст гамма-випромінюючих радіонуклідів

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					Усьо-го	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	ла б.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Розділ 1. Лекції										
Тема 1	7	2				5	13	-		13
Тема 2	11	2				9	15	2		13
Тема 3	11	2				9	15	2		13
Тема 4	13	4				9	13			13
Тема 5	13	4				9	13			13
Тема 6	13	4				9	13			13
Тема 7	13	2				9	13			13
Тема 8	11	4				7	13			13
Тема 9	13	4				9	15	2		13
Тема 10	15	4				11	15	2		13
Разом за розділом 1	118	32				86	138	8		130
Розділ 2. Лабораторні заняття										
Тема 11	4			2		2				
Тема 12	4			2		2	6		2	4
Тема 13	4			2		2				
Тема 14	4			2		2				
Тема 15	4			2		2				
Тема 16	4			2		2	6		2	4
Тема 17	4			2		2				
Тема 18	4			2		2				
Разом за розділом 2	32			16		16	12		4	8
Усього годин	150	32		16		102	150	8	4	138

4. Темы лабораторних занятий

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Тема 11	Техніка безпеки при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання.	2	
Тема 12	Іонізаційні методи реєстрації іонізуючого випромінювання. Вимірювання радіоактивності за допомогою лічильників Гейгера-Мюллера.	2	2
Тема 13	Математична обробка результатів радіометричних вимірювань. Статистичний характер розпаду радіоактивних ізотопів.	2	
Тема 14	Закони радіоактивного розпаду. Визначення періоду напіврозпаду довгоживучого радіонукліду ^{238}U .	2	
Тема 15	Визначення верхньої межі β -спектру ^{90}Sr .	2	
Тема 16	Визначення лінійного коефіцієнту послаблення γ -випромінювання ^{137}Cs різними матеріалами	2	2
Тема 17	Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Вимірювання доз від джерела γ - випромінювання (^{60}Co , ^{137}Cs) та визначення гранично допустимого часу перебування на різних відстанях	2	
Тема 18	Ідентифікація радіонуклідів методом гама-спектрометрії. Аналіз об'єктів навколишнього середовища на вміст гамма-випромінюючих радіонуклідів	2	
Разом		16	4

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма

1.	Фізичні основи радіохімії: будова атомного ядра, основні характеристики ядра. Елементарні частинки. Стійкість ядер, енергія зв'язку (дефект маси).	5	13
2.	Одиниці радіоактивності. Визначення вмісту атомних ядер по їх радіоактивності. Природні радіонукліди та радіоактивні сімейства.	9	13
3	Альфа-розпад, бета-перетворення, емісія у-квантів та інші ядерні перетворення	9	13
4.	Основні закони, яким підпорядковуються ядерні реакції: закон збереження електричного заряду, закон збереження числа нуклонів, закон збереження енергії. Класифікація ядерних реакцій. Загальне та відмінне в хімічних та ядерних реакціях.	9	13
5.	Ядерні реакції в природі (протоно-протоний цикл, вуглицево-нітрогенний цикл). Ядерні реакції, визвані космічним випромінюванням. Ядерні реакції в земній корі. Джерела нейтронів у природі. Утворення трітійу в природі.	9	13
6.	Ланцюгові реакції. Термоядерні реакції. Ядерні реактори, їх призначення та принцип роботи.	9	13
7.	Розподіл радіоактивних речовин між двома фазами Визначення мікрокомпоненту та макрокомпоненту. Носії-ізотопні, специфічні (ізоморфні) та неспецифічні(інертні).	9	13
8.	Методи концентрування та виділення радіонуклідів: екстракція, хроматографія, електрохімічні методи (безструмового осадження, електролізу, електрофорезу).	7	13
9.	Детектори –іонізаційні камери, лічильник Гейгера- Мюлера, сцинтиляційні та напівпровідникові детектори	9	13
10.	Методи реєстрації ядерного випромінювання	11	13
11.	Дозиметрія. Основні поняття та одиниці дозиметрії. Ліміт доз опромінення критичних органів	2	
12.	Природний радіаційний фон. Опромінення від інкорпорованих природних джерел. Радон — основне джерело внутрішнього опромінення. Технологічно змінений природний радіаційний фон.	2	4
13.	Ядерна енергетика. Планові викиди, структура викидів, аварійні викиди. Аварія на ЧАЕС та вдосконалення підходів до забезпечення безпеки ядерної енергетики.	2	
14.	Шляхи надходження радіоактивних речовин до організму. Харчові ланцюги. Критичні органи при внутрішньому опроміненні організму..	2	
15.	Закони радіоактивного розпаду. Радіоактивні сімейства	2	
16.	Методи визначення енергії бета - та гама випромінювання	2	4
17.	Фізичні та хімічні методи захисту організму від опромінення	2	
18.	Ядерно-фізичні методи в аналізі об'єктів навколишнього середовища	2	
Усього годин		102	138

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

7. Методи контролю

Допуск до лабораторних робіт. Семестровий комбінований (письмово-усний) екзамен.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										
Розділ 1	Розділ 2							Разом	Екзамен	Сума
Тема1-10	11-12	13	14	15	16	17	18	60	40	100
-	12	8	8	8	8	8	8			

Критерії оцінювання

1. За несвоєчасне виконання або оформлення лабораторних робіт студент втрачає 2 бали від рейтингової оцінки. Термін подання оформлених лабораторних робіт визначається викладачем, який веде практичні заняття.
2. Студент допускається до складання екзамену за умови виконання та оформлення усіх лабораторних робіт і наявності загального рейтингу не менше 30 балів.
3. За пропуск однієї лекції без поважної причини студент втрачає 2 бали від загального рейтингу за семестр.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендоване методичне забезпечення

Базова література

1. Краснопорова А.П. Хімія радіоактивних елементів. Навчально-методичний посібник. Вид. «Основа». Ч.1. Харків. «Основа». 2011. 78 с.
2. Краснопорова А.П. Хімія радіоактивних елементів. Навчально-методичний посібник. Вид. «Основа». Ч.11. Харків. «Основа». 2011. 93 с.
3. А.П.Краснопорова, Г.Д. Юхно. Практикум з радіоактивності і радіоекології : Методичні вказівки до лабораторних робіт. – Харків-2016 : Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 2016 . – 83 с.
4. Гродзинський Д. М. Радіобіологія. К. Либідь. 2001. 448 с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Київ, 1997 р.
6. Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючого опромінення ОСПУ-2000. Київ-2000.

Інформаційні ресурси

1. Файл-сервер хімічного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна: <http://www-chemistry.univer.kharkov.ua/uk/node/424>
2. <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/10482>, <http://www.organic-chemistry.org>
3. Краснопорова А. П. Основи радіохімії та радіоекології: навчальний посібник для зво. Електронна версія для інтранет – мережі. Харків. ХНУ. 2004.
4. Краснопорова А.П., Юхно Г.Д. Лабораторний практикум «Основи радіохімії та радіоекології». – <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/13192>