

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
НАЗВА ФАКУЛЬТЕТУ  
Кафедра теоретичної фізики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан \_\_\_\_\_  
факультету  
\_\_\_\_\_ /Лендел В.Г./  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**РАДІАЦІЙНА ЕКОЛОГІЯ**

Рівень вищої освіти	<b>бакалавр</b>
Галузь знань	<b>10 природничі науки</b>
Спеціальність	<b>6.101 екологія та охорона навколишнього середовища</b>
Предметна спеціальність (Спеціалізація) <i>(за наявності)</i>	
Освітня програма	<b>Радіаційна екологія</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород\_2020**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Радіаційна екологія**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 природничі науки** спеціальності **6.101 екологія та охорона навколишнього середовища**.

**Розробники:** к.фіз.-мат. наук доц. Соколюк І.В., к. фіз.-мат наук, доц. Пилипченко В.А., к.х.н. Васильєва Г.В.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри ***Теоретичної фізики***

протокол №   9   від «  20  »    червня   2021   р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією    хімічного    факультету

протокол №    від «  » \_\_\_\_\_ 2020    р.

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_

© \_\_\_\_\_, 2020    р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020    р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС –	Рік підготовки: 4	
Загальна кількість годин – 45		
Кількість модулів – 2	Семестр: 7	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 2  самостійної роботи студента – 2	Лекції:	
	<b>24</b>	-
	Практичні (семінарські):	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
	<b>20</b>	-
Форма підсумкового контролю: реферат	Самостійна робота:	

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Радіаційна екологія**» є вивчення природи радіоактивного фону, характеру антропогенних радіоактивних забруднень геосфер, продуктів харчування, організму людини та закономірності міграції радіонуклідів в біосфері, а також дію іонізуючого випромінювання на живі організми в середовищі їх проживання та дослідження ефектів і встановлення нормативів іонізуючого випромінювання.

Мета курсу «радіаційна екологія» – ознайомити студентів із природними та штучними джерелами іонізуючого випромінювання; особливостями поведінки та міграції радіонуклідів у довкіллі; їх вплив на біологічні об'єкти, екосистеми в цілому та на людину.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- засвоєння методів визначення впливу іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти та контролю за інтенсивністю альфа-, бета-, гамма-випромінювання
- ознайомлення із методами дослідження міграції радіонуклідів у довкіллі;
- ознайомлення із методами контролю радіоактивних забруднень і методами захисту від них.

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Радіаційна екологія**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Шифр НД за ОП

\_\_\_\_\_ Загальна та неорганічна хімія  
Фізична хімія  
Фізика  
Екологія

## 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Радіаційна екологія**», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Бакалавр екології	
еколог	
Організатор природокористування	

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Радіаційна екологія**»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

Методи контролю включають в себе усне опитування, захист завдання з СРС, (реферат, презентація) аудиторна контрольна робота, аудиторне тестування, проведення семінару, наукової дискусії, модульних контрольних робіт та підсумкового контролю у формі заліку

### **Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**

Форми поточного контролю: опитування, тести.

Форма модульного контролю: тести, модульні контрольні роботи, реферати.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік.

### **Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)**

<b>Поточне оцінювання та самостійна робота</b>					<b>Модульна контрольна робота</b>	<b>Сума</b>
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>1</b>	<b>100</b>
Вступ.	Елементи ядерної фізики в радіаційній екології.	Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.	Польові та дозиметричні характеристики поля іонізуючого випромінювання.	Повтор пройденого матеріалу		

T1, T2, T3, T4, T5 – теми

## Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота		Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		Реферат	100
Розвиток уявлень про сучасний стан проблем біологічної ефективності і іонізуючого випромінювання з різною передачею енергії.	Міграція радіо нуклідів у біосфері.	Формування та оцінка доз опромінення живих організмів радіо нуклідами.	Дія радіону клідів на рослини та їх твари ни та їх популя ції.	Мета болізм радіонуклідів в організмі людини та окремі гігієнічні питання підвищено го радіаційно го фону.	Захист від ІВ Екологічні наслідки аварії на ЧАЕС.	Методи очищення стічних вод від забруднень радіонуклідами.	Повтор пройде ного мате ріалу	1	1	

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	1	10	1	10
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	3	5	2	5
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні	-	-	-	-
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	1	15	1	20
Презентація				
Реферат	1	10	1	10
Есе	-	-	-	-
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

## Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

1. Правильність відповідей на запитання

## Критерії оцінювання курсової роботи (проекту) (або реферату)

1. Повнота висвітлення обраної теми
2. Використання великої кількості літературних джерел
3. Оригінальність, творчий підхід (не тільки копіювати з Вікіпедії).
4. Існування власної думки про описану проблему

## Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

1. Правильність відповідей на запитання
2. Вільне володіння засвоєним матеріалом
3. Ознайомлення із сучасними проблемами людства, які покликана вирішувати наука «Радіаційна екологія».

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### МОДУЛЬ 1

**Модуль 1. Вступ. Предмет радіаційної екології.** Виникнення предмету радіаційна екологія. Радіаційна екологія - наука, що вивчає природу радіоактивного фону, характеру антропогенних радіоактивних забруднень геосфер, продуктів харчування, організму людини та закономірності міграції радіонуклідів в біосфері, а також дію іонізуючого випромінювання на живі організми в середовищі їх проживання та дослідження ефектів і встановлення нормативів іонізуючого випромінювання.

**Елементи ядерної фізики в радіаційній екології.** Закон радіоактивного розпаду. Активність. Одиниці активності. Типи радіоактивності ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -випромінювання,  $e$ -захоплення і т.д.). Поділ ядер. Синтез ядер. Штучна радіоактивність.

**Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.** Визначення терміну іонізуюче випромінювання (ІВ). Джерела іонізуючого випромінювання. Природний та антропогенний радіаційний фон. Поняття про ефективний поперечний переріз взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною. Розрахунок кількості актів взаємодій в речовині. Характеристика процесів, що відбуваються при проходженні іонізуючого випромінювання ( $\alpha$  - частинок, протонів, електронів, позитронів,  $\gamma$ -квантів, нейтронів та іонів) через речовину. Поняття треку та структура треку в речовині.

**Польові та дозиметричні характеристики поля іонізуючого випромінювання.** Поняття поля іонізуючого випромінювання. Польові характеристики поля іонізуючого випромінювання. Флюенс, потік, густина потоку. Дозиметричні характеристики поля іонізуючого випромінювання. Експозиційна доза. Поглинена доза. Еквівалентна доза. Лінійна передача енергії (ЛПЕ-втрати).

#### МОДУЛЬ 2

**Модуль 2. Розвиток уявлень про сучасний стан проблем біологічної ефективності іонізуючого випромінювання з різною передачею енергії.** Розвиток уявлень та сучасний стан проблеми біологічної ефективності іонізуючого випромінювання з різною ЛПЕ. Треки

заряджених частинок та передача енергії. Фізичний та біологічний фактори, що впливають на біологічну ефективність іонізуючого випромінювання з різною ЛПЕ та їх зв'язок з генетичними структурами і станом геному та ефективністю репараційних систем. Біофізична модель залежності радіочутливості клітин від ЛПЕ.

**Міграція радіонуклідів у біосфері.** Розподіл та міграція радіонуклідів в природних біоценозах. Шляхи попадання радіонуклідів в біосферу. Розподіл та міграція радіонуклідів в наземних біоценозах. Поведінка радіонуклідів в системі порода-рослина та ґрунт-рослина-тварини та моделювання. Розподіл та міграція радіонуклідів в техногенних ландшафтах: джерела попадання радіонуклідів в біосферу, обумовлені промисловою діяльністю людини. Ядерний паливний цикл. Енергетика на органічному паливі (вугільний паливний цикл; інші види виробництва енергії). Виробництво будівельних матеріалів. Сумарний потік радіонуклідів у біосфері. Міграція радіонуклідів в сільському господарстві: Джерела радіонуклідів у сільськогосподарській сфері. Ґрунтова та агрономічна хімія радіонуклідів. Накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами. Метаболізм радіонуклідів у організмі тварин та накопичення їх у продукції тваринництва. Дозове навантаження на біологічні об'єкти при зовнішньому опроміненні.

**Формування та оцінка доз опромінення живих організмів радіонуклідами.** Зовнішнє опромінення біологічних об'єктів радіонуклідами. Характеристика умов зовнішнього опромінення радіонуклідами. Вимірювання експозиційних доз, зв'язаних з випромінюванням радіонуклідів, на денній поверхні ділянки. Дозове навантаження на біологічні об'єкти при зовнішньому опроміненні. Основні компоненти дозового навантаження від інкорпорованих радіонуклідів у живих організмах. Характеристика радіонуклідів як джерела внутрішнього опромінення. Накопичення основних радіонуклідів живими організмами та дози внутрішнього опромінення. Методи радіаційного моніторингу. Біоіндикація забруднення радіонуклідами зовнішнього середовища.

**Дія радіонуклідів на рослини тварини та їх популяції.** Дія радіонуклідів на рослини та їх популяції. Вплив підвищеного фону іонізуючого випромінювання як екологічного фактору на спільноти рослин. Генетичні аспекти дії радіонуклідів на рослини. Іонізуюче випромінювання як фактор радіаційного мутагенезу. Загальні закономірності мутаційного процесу у рослин в середовищі з підвищеним вмістом радіонуклідів

**Метаболізм радіонуклідів в організмі людини та окремі гігієнічні питання підвищеного радіаційного фону.** Метаболізм радіонуклідів в організмі людини. Джерела попадання радіонуклідів в організм людини. Доза опромінення людини радіонуклідами. Деякі гігієнічні питання природного радіаційного фону. Дія іонізуючого випромінювання на людину.

**Захист від іонізуючого випромінювання. Екологічні наслідки аварії на ЧАЕС.** Охорона навколишнього середовища від радіоактивного забруднення - методи знезараження радіоактивних відходів, їх захоронення, санітарно-дозиметричний контроль. Проблема радіаційної безпеки на атомних станціях.

**Методи очищення водних розчинів (стічних вод) від забруднень радіонуклідами.** Методи осадження, коагуляції і адсорбції. Сучасні адсорбенти для дезактивації радіоактивних забруднень. Природні адсорбенти. Глини, цеоліти. Синтетичні адсорбенти: фосфати полівалентних металів, оксиди металів, магнітокеровані адсорбенти. Адсорбенти на основі TiO<sub>2</sub>. Іонообмінні смоли.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Форма навчання:				
	Усього	у тому числі			
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
<b>7-й семестр</b>					
<b>Модуль 1</b>					
Тема 1. Вступ. Предмет радіаційної екології.		2			
Тема 2. Елементи ядерної фізики в радіаційній екології.		2		4	
Тема 2. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною		2		4	
Тема 3. Польові та дозиметричні характеристики поля іонізуючого випромінювання.		2		4	
Модульна контрольна робота		1			
Разом за модуль		9			
<b>Модуль 2</b>					
Тема 1. Розвиток уявлень про сучасний стан проблем біологічної ефективності іонізуючого випромінювання .		2			
Тема 2. Міграція радіонуклідів у біосфері.		2		4	
Тема 3. Формування та оцінка доз опромінення живих організмів радіонуклідами.		2			
Тема 4. Дія радіонуклідів на рослини тварини та їх популяції.		2			
Тема 5. Метаболізм радіонуклідів в організмі людини та окремі гігієнічні питання підвищеного радіаційного фону.		2			
Тема 6. Захист від іонізуючого випромінювання. Екологічні наслідки аварії на ЧАЕС.		2		4	
Тема 7. Методи очищення водних розчинів (стічних вод) від забруднень радіонуклідами.		2			
Модульна контрольна робота		1			
Разом за модуль		15			
<b>Разом за семестр</b>	45	24		20	

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 2021 / 2022 н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № 9 від « 20 » червня 20 21 р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

**6.3. Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	ТБ (техніка безпеки при роботі у лабораторії)	4	-
2	Визначення забрудненості бета-випромінюванням в результаті техногенної діяльності людини. Дослідження <sup>90</sup> Sr. Відбір та готування проб на аналіз.	4	-
3.	Вивчення радіологічних умов лабораторії за допомогою дозиметрів ДРГЗ та СРП	4	-
4.	Дозиметрія гамма-випромінювання з допомогою комплекту ИФКУ-1.	4	-
5.	Дослідження радіолізу води	4	-

<b>Разом</b>	20	
--------------	----	--

#### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Види іонізуючого випромінювання. Історія відкриття радіоактивності.	2	-
2	Фредерік Содді. Радіохімік. Нобелівський лауреат.	2	-
3	Історія відкриття рентгенівських променів.	2	-
4	Застосування радіоізотопів у медицині.	2	-

#### 6.5. Індивідуальні завдання

1. Природня радіоактивність. Проблема радону.
2. Спільні риси і відмінності адсорбентів і іонообмінних смол, які використовують для очищення водних розчинів від радіонуклідів.
3. Переваги і виклики атомної енергетики. Екологічне навантаження, яке створює використання атомної енергії.
4. Альтернативні джерела енергії.
5. Радіологічний контроль природної сировини і будматеріалів. Державне регулювання радіаційної безпеки.
6. Особливості міграції  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у довкіллі. Методи захисту від довгоживучих радіонуклідів.

### 7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

**Технічні засоби** Дозиметри ДРГЗ, СРП; набір індивідуальних дозиметрів ІФКУ, денситометер, набір калібрувальних гамма-джерел ОСГИ; циклічний прискорювач електронів Бетатрон Б-25; прискорювач електронів Мікротрон М-10; лічильники Гейгера-Мюллера.

**Обладнання** денситометер, рН-метр «Білорусь-2003», посудини Марінеллі, мікробюретки і мікропіпетки, необхідні реактиви.

**Програмне забезпечення** Бази даних гранично-допустимих норм радіонуклідів у об'єктах довкілля.

### 8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

#### Основна література

1. Защита от ионизирующих излучений:Т.1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов. / Н.Г.Гусев, В.А.Климанов, В.П.Машкович, А.П.Суворов. Под ред.Н.Г.Гусева. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1989. –512 с.
2. Радиация. Дозы, эффект, риск: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.- 79 с.
3. Иванов В.И. Курс дозиметрии: Учебник для вузов. 4-е изд., - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.

4. Мухин К.Н. Экспериментальна ядерная физика. Т.1. Физика атомного ядра. Учебник для вузов. -3-е изд., перераб. и доп. - М.: Атомиздат, 1974.- 584 с.
5. Маргулис У.Я. Радиация и защита. - 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Атомиздат, 1974. –160 с.
6. Н.В. Vasylyeva, O.O. Parlag, V.A. Pylypchenko The base of Radiation Physic and Dosymetry Publishing house of Uzhgorod national university “Goverla”, Uzhgorod, Ukraine 2016, 68 (in Ukrainian)
7. I.F. Myroniuk, H.V. Vasylyeva, V.I. Mandzyuk, N.A. Bezruka, T.V. Dmytrotca The Kinetics of Adsorption Binding of Ba<sup>2+</sup> ions by Trimethylsilylated Silica. PCSS, vol.19, №1 (2018) p.66-73  
<http://DOI:10.15330/pcss/19.1.66-73>
8. I.F. Myroniuk, T.R. Tatarchuk, H.V. Vasylyeva, I.P. Yaremiy, I.M. Mykytyn. Morphology, Phase Composition and Radiological properties of Fly Ash obtained from the Burshtyn Thermal Power Plant. PCSS, vol.19, №2 (2018) p.171-178  
<http://DOI:10.15330/pcss.19.2.171-178>
9. I.F. Myroniuk, H.V. Vasylyeva. Sorptional removal of strontium and yttrium ions from aqueous solutions by a TiO<sub>2</sub> – based sorbent. RAD conference proceeding vol.3, p.p.1-4, 2018. ISSN 2466-4626 (online)  
<http://DOI:10.21175/RadProc.2018www.rad-proceedings.org>
10. Пилипченко В.А., Васильева Г.В. Основи радіохімії. Збірник лабораторних робіт. Видавництво УжНУ «Говерла», 2014 р., 40с.
11. П.П. Чолпан Фізика. – К. «Вища школа», 2003, 567с. ISBN 966-642-112-7
12. К.Н. Büchel, Н.-Н. Moretto, Р. Woditsch, *Industrial Inorganic Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 2000.
13. А.А. Чуико, (Ed.) *Medical Chemistry and Clinical Application of Silica*, Naukova Dumka, Kiev, 2003 (in Russian).
14. А.А. Чуико (Ed.), *Chemistry of Silica Surface*, UkrINTEI, Kiev, 2001 (in Russian).
15. В.А. Баженов, Л.А. Булдаков, И.Я. Василенко и др. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справочник под ред. – В.А. Филова и др. Л.: «Химия», 1990, 464с. ISBN 5-7245-0216-X
16. [Tetiana Tatarchuk, Mu. Naushad, Jolanta Tomaszewska, et al. Adsorption of Sr\(II\) ions and salicylic acid onto magnetic magnesium-zinc ferrites: isotherms and kinetic studies. Environmental Science and Pollution Research, \(2020\). https://doi.org/10.1007/s11356-020-09043-1.](https://doi.org/10.1007/s11356-020-09043-1)
17. Zahra Karimi Mahdi Sadeghi, Naimeddin Mataji-Kojouri. [64Cu, a powerful positron emitter for immunoimaging and theranostic: Production via nat ZnO and nat ZnO-NPs Applied Radiation and Isotopes. 137 \(2018\) 56-61.](https://doi.org/10.1007/s10967-018-5778-4)
18. Derek McLain, Christine Liu, Ralf Sudowe. Using Sr Resin with Mixed Acid Matrices *Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry* 316 (2018) 485 <https://www.doi.org/10.1007/s10967-018-5778-4>
19. P.L. Hayes, J.N. Malin, C.T. Konek, F.M. Geiger. Interaction of Nitrate, Barium, Strontium and Cadmium Ions with Fused Quartz/Water Interfaces Studied by Second Harmonic Generation. *J. Phys. Chem. A* 112 (2008) 660-668.
20. Ivan Mironyuk et al., Adsorption of Sr(II) cations onto phosphated mesoporous titanium dioxide: Mechanism, isotherm and kinetics studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 7 (6) (2019) 103430  
<https://www.doi.org/10.1016/j.jece.2019.103430>

#### Допоміжна література

1. Основи радіохімії (посібник для лабораторних робіт).
2. Stephen Padalino, Heather Oliver and Joel Nyquist LLE Collaborators: Vladimir Smalyuk and Nancy Rogers «DT neutron yield measurements using neutron activation of aluminum». <https://www.geneseo.edu/nuclear/aluminum-activation-results>
3. V.D. Nefedov, E.N. Tekster, M.A. Toropova. “Radiochemistry”, *Moskva.: Haigh School*, 1987. – 272с (in Russian)
4. William R. Hendee, E. Russel Ritenour “Medical Imaging Physics” 4<sup>th</sup> edition / *A John Wiley & Sons inc. publication, New York*, 2002, 353p p.45-61
5. Н.В. Vasylyeva, O.O. Parlag, V.A. Pylypchenko *The base of Radiation Physic and Dosymetry Uzhgorod*, 2016, 68 (in Ukrainian)

#### Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. <https://www.oecd-nea.org/janis/> EXFOR / Cross sections / Zr90 / (,N)40-ZR-89 / K2293.003 Last modified: Friday, 10-Mar-2017 03:55:02 CET

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
Фізичний факультет  
Кафедра теоретичної фізики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан \_\_\_\_\_  
факультету  
\_\_\_\_\_ /Лазур В.Ю./  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**РАДІАЦІЙНА ФІЗИКА**

Рівень вищої освіти	<b>бакалавр</b>
Галузь знань	<b>10 природничі науки</b>
Спеціальність	
Предметна спеціальність (Спеціалізація) (за наявності)	
Освітня програма	<b>Радіаційна фізика</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород\_2020**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Радіаційна фізика**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 природничі науки**

**Розробники:** к.фіз.-мат. наук доц. Соколюк І.В., к. фіз.-мат наук, доц. Пилипченко В.А., к.х.н. Васильєва Г.В.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
**Теоретичної фізики**

протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією \_\_фізичного\_\_ факультету

протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 \_\_\_\_ р.

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_

© \_\_\_\_\_, 2020 \_\_\_\_ р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020 \_\_\_\_ р.

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)