

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної фізики**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету
проф. В.Ю. Лазур

«30» червня 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Основи радіаційної фізики та дозиметрії»**

Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітня програма	«Фізика та астрономія»
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2021

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи радіаційної фізики та дозиметрії» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності

104 Фізика та астрономія освітньої програми «Фізика та астрономія».

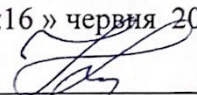
Розробники:

Васильєва Г.В., к.х.н., доцент

Робочу програму розглянуто та затверджено

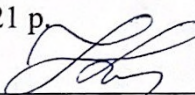
на засіданні кафедри теоретичної фізики

протокол № 11 від «16» червня 2021 р.

Завідувач кафедри  Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «30» червня 2021 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 2	Рік підготовки: 3	
Загальна кількість годин – 60		
Кількість модулів – 3	Семестр: 6	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 2	Лекції:	
	16	-
	Практичні (семінарські):	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
	24	-
Форма підсумкового контролю: реферат	Самостійна робота:	
	4	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Ця програма є планом і одночасно методпосібником для проведення навчальної діяльності з курсу “ **Основи радіаційної фізики та дозиметрії** ”.

Програма призначена для студентів – майбутніх учителів фізики та працівників лабораторій фізичного напрямку, інженерів, наукових працівників в галузі фізики. У програмі представлені основні відомості про джерела та основні властивості іонізуючого випромінювання (ІВ), вплив ІВ на фізичні та біологічні об’єкти, використання ІВ в техніці та його роль в екології, а також, на скільки це можливо, введені поняття і методи, які використовують сучасні фізики – професіонали в галузі радіаційної фізики.

Умовно теоретичний курс розділений на 3 змістовні модулі: Джерела ІВ; взаємодія ІВ з речовиною; вплив ІВ на властивості речовин; біологічна дія ІВ та захист від шкідливого впливу ІВ.

Видами навчальних занять є:

а) лекції; б) лабораторні роботи; в) самостійна та індивідуальна робота.

Застосовуються такі засоби перевірки рівня праці студента за програмою курсу: тестові завдання; усне опитування; контрольні роботи; розв'язування задач; перевірка індивідуальних робіт; допуск до лабораторних робіт і захист звітів за виконані лабораторні роботи.

Оцінка рівня засвоєння матеріалу є рейтинговою за 100-бальною шкалою з урахуванням оцінок засвоєння окремих модулів.

Метою курсу “**Основи радіаційної фізики та дозиметрії**” є вивчення процесів, що відбуваються у речовині при проходженні через неї швидких електронів, гамма-випромінювання, нейтронів та важких заряджених частинок. Розгляд зміни властивостей напівпровідників під дією іонізуючого випромінювання, утворених в твердих тілах. Використання радіаційних процесів у науці і техніці. Дослідження впливу іонізуючого випромінювання на компоненти та схеми сучасної електроніки. Вивчення характеру біологічної дії іонізуючої радіації, основ дозиметрії та захисту від іонізуючого випромінювання. Формування активного методу мислення при розгляді ролі випромінювань у природі..

Метою проведення лекцій є висвітлення фізичної суті радіаційних процесів і змісту їх теоретичних трактовок.

Мета проведення лабораторних занять. Ознайомити студентів з основними методами вимірювання доз радіації, приладами та установками. Розвиток навиків проведення експерименту в галузі радіаційної фізики та дозиметрії, методів опрацювання результатів вимірювань, поглиблення розуміння суті фізичних явищ.

Завдання курсу – забезпечити засвоєння навиків роботи з дозиметричними приладами та методами захисту від іонізуючого випромінювання. Оволодіння теоріями процесів, що відбуваються в твердих тілах (діелектриках, напівпровідниках, металах) при проходженні через них високоенергетичних електронів, гамма-випромінювання, нейтронів та важких заряджених частинок. А також вияснення впливу іонізуючих випромінювань на компоненти сучасної електроніки та ролі радіації в екології.

Завдання проведення лекцій. У результаті проведення лекцій студенти повинні знати основні положення сучасної радіаційної фізики, розуміти фізичну суть іонізуючих

випромінювань, знати формулювання законів взаємодії ІВ з речовиною, розуміти і вміти використати основні формули. Лекції мають дати поняття про основні методи вивчення фізичних явищ радіаційної фізики, а також зв'язок цих методів з експериментальними дослідженнями у фізиці ядра та елементарних частинок.

Завдання проведення лабораторних занять. Студенти повинні знати правила техніки безпеки при роботі з ІВ, суть експериментальних методик та їх чутливість, критично аналізувати результати вимірювань, правильно оцінювати похибки та грамотно оформляти звіти про виконані вимірювання.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

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

Шифр НД за ОП

ОД	ОК5 Механіка ОК8 Оптика ОК6 Термодинаміка і молекулярна фізика ОК9 Атомна фізика
ВД	ОК 10 Фізика ядра та фізика елементарних частинок ВК 1 Загальна хімія

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

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПР
Знання основних положень сучасної радіаційної фізики	ПР01
Поняття про основні методи вивчення фізичних явищ радіаційної фізики	ПР09
Правила техніки безпеки при роботі з ІВ, суть експериментальних методик та їх чутливість	ПР14

4. 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 (самостійної роботи студента: 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.

Опис структурованого навчального плану з курсу “**Основи радіаційної фізики та дозиметрії**”. Структура навчальної дисципліни(лекційні заняття).

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

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	1	100
Предмет курсу. Джерела іонізуючого випромінювання.	Польові та дозиметричні характеристики іонізуючого випромінювання.	Прискорювачі заряджених частинок. Великий адронний колайдер	Взаємодія ІВ з речовиною. Вплив ІВ на властивості речовини.	Взаємодія важких заряджених частинок з речовиною. Формула Нільса Бора.		

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	1	100
Взаємодія електронів і гамма-квантів з речовиною.	Взаємодія нейтронів з речовиною.	Інші види взаємодії випромінювання з речовиною.	Радіаційні дефекти у твердих тілах	Утворення радіаційних дефектів	Міграція радіаційних дефектів і рекомбінація.		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 3)

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	1	100
Дозиметрія ІВ	Біологічна дія ІВ та захист від шкідливої дії ІВ		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

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

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».

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Предмет курсу. Джерела іонізуючого випромінювання, їх характеристики та використання в народному господарстві. Означення іонізуючого випромінювання. Означення радіоактивного нукліда, джерела іонізуючого випромінювання (ІВ) та поля ІВ. Флюенс, густина потоку, інтенсивність та потік частинок. Джерела іонізуючого випромінювання: природні, штучні. Лінійна передача енергії. Поглинута доза. Експозиційна доза. Еквівалентна доза. Активність джерела та одиниці вимірювання. Проблема радону.

Тема 2. Взаємодія ІВ з речовиною. Взаємодія важких заряджених частинок, Джерела космічного випромінювання. Сонячні космічні промені. Еволюція зірок. Чорні діри. Методи спостереження космічних променів. Слабо взаємодіюче випромінювання.

Тема 3. Прискорювачі заряджених частинок. Великий адронний колайдер

Тема 4. Взаємодія ІВ з речовиною. Вплив ІВ на властивості речовини.

Тема 5. Взаємодія важких заряджених частинок з речовиною. Формула Нільса Бора.

Модуль 2

Тема 1. Взаємодія легких заряджених частинок та гамма-квантів з речовиною.

Тема 2. Взаємодія нейтронного випромінювання з речовиною. ІВ у космічному просторі.

Тема 3. Інші види взаємодії випромінювання з речовиною.

Тема 4. Утворення радіаційних ефектів в твердих тілах під дією іонізуючого випромінювання. Провідність твердих тіл. Поняття про радіаційні ефекти та радіаційні дефекти. Механізм утворення дефектів під дією заряджених частинок (іони, електрони, протони) та нейтральних (гамма-кванти, нейтрони) частинок. Утворення дефектів в напівпровідниках під дією електронів, гамма-квантів, швидких нейтронів та важких заряджених частинок. Чутливість до радіації компонентів електроніки, та поведінка електронних приладів у полі ІВ. Вплив опромінення на реакторні матеріали.

Тема 5. Елементи дозиметрії іонізуючого випромінювання та захист від іонізуючого випромінювання. Методи реєстрації іонізуючого випромінювання. Дозиметричний контроль та дозиметричні прилади. Дія радіації на людину. Механізм біологічної дії іонізуючого випромінювання. Фактори, які впливають на біологічну дію іонізуючого випромінювання. Лінійна передача енергії. *Коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання*. Променева хвороба та її лікування. Умови допуску до роботи з ІВ.

Модуль 3.

Тема 1. Захист від іонізуючого випромінювання. Особливості захисту від заряджених частинок, гамма-квантів та нейтронів. Захист від радіації АЗ реакторів. Проблема радіоактивних відходів. Захист космічних екіпажів

Тема 2. Елементи мікродозиметрії. Флуктуації поглиненої енергії у мікрооб'ємах речовини. Мікродозиметрія і радіаційно-індуковані ефекти. Поле доз інкорпорованих джерел. Мікродозиметрія високоенергетичних випромінювань. Дози від радіофармацевтичних препаратів.

5.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
6-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Предмет курсу. Джерела іонізуючого випромінювання.	2			4		
Тема 2. Польові та дозиметричні характеристики іонізуючого випромінювання.	2					
Тема 3. Прискорювачі заряджених частинок. Великий адронний колайдер	2			4		
Тема 4. Взаємодія ІВ з речовиною. Вплив ІВ на властивості речовини.	2					2
Тема 5. Взаємодія важких заряджених частинок з речовиною. Формула Нільса Бора.	2					
Модульна контрольна робота	1					
Разом за модуль	11					
Модуль 2						
Тема 1. Взаємодія електронів і гамма-квантів з речовиною.	2			4		
Тема 2. Взаємодія нейтронів з речовиною.	2					
Тема 3. Інші види взаємодії випромінювання з речовиною.	4			4		2
Тема 4. Радіаційні дефекти у твердих тілах	2					
Тема 5. Утворення радіаційних дефектів	2					
Тема 6. Міграція радіаційних дефектів і рекомбінація.	2					
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	13					
Модуль 3						
Тема 1. Дозиметрія ІВ.	2			4		
Тема 2. Біологічна дія ІВ та захист від шкідливої дії ІВ.	2			4		
Модульна контрольна робота	1					
Разом за модуль	5					
Разом за семестр	32			24		4

5.3. Теми практичних (семінарських) лабораторних робіт

№ п/п	Назва лабораторної роботи та завдання	К-сть годин
1	2	3
1.	Вступне заняття. а) Проходження інструктажу по техніці безпеки при роботі з радіоактивними джерелами та приладами, які знаходяться під високою напругою. б) Перевірка знань техніки безпеки при роботі з радіоактивними джерелами та приладами, які знаходяться під високою напругою.	2
2.	Дослідження доз, рівнів опромінення та захисту при зовнішньому опроміненні людини. а) Ознайомлення із дозиметричними характеристиками іонізуючого випромінювання та методами захисту від іонізуючого випромінювання. б) Освоєння методів розрахунку дозиметричних характеристик іонізуючого випромінювання та захисту від нього.	4
3.	Вивчення радіаційних умов з допомогою дозиметра ДРГЗ. а) Вивчення принципів і методів дослідження радіаційних умов та освоєння методики роботи з допомогою дозиметра ДРГЗ. б) Застосування дозиметра ДРГЗ для визначення радіаційних умов в лабораторіях кафедри ядерної фізики УжНУ. в) Оцінки на основі проведених вимірів радіаційної обстановки в цих лабораторіях.	4
4.	Дозиметрія іонізуючого випромінювання з допомогою комплексу ИФКУ-1 а) Вивчення фізичних основ фотографічного методу реєстрації іонізуючого випромінювання. б) Проведення калібрування шкали приладу ИФКУ-1.IVKЛ з допомогою калібровочних фотоплівкових дозиметрів. в) Вимірювання дози від невідомих фотоплівкових дозиметрів і порівняння отриманих значень з табличними.	4
5.	Спостереження жорсткої компоненти космічних променів поблизу поверхні Землі.	4
6.	Експериментальне визначення ефективності захисту з різних речовин від гамма-променів та нейтронів.	4
7.	Одержання нейтронів на мікротроні М-10.	4
8.	Ідентифікація гамма-ліній природних джерел радіоактивності за допомогою гамма-спектрометра.	4

Примітка. Обовязкове виконання 3-х робіт (із 2-8).

5.4. Структура залікового кредиту з курсу “ Основи радіаційної фізики та дозиметрії”

Рейтингові оцінки засвоєння матеріалу змістових модулів та інших видів навчальної роботи студента.

№ тижнів	Залікові модулі	Змістові модулі	Теми курсу	Кількість балів
1–6	1.	1.	Джерела іонізуючого випромінювання. Польові та дозиметричні характеристики ІВ.	25
7-12	1.	2.	Взаємодія ІВ з речовиною.	25
13-15	1.	3.	Біологічна дія ІВ та захист від шкідливої дії ІВ.	30
15-18	1.	4.	Питання мікродозиметрії.	20
Всього				100

Основні положення рейтингової системи оцінки знань студентів фізичного факультету

Рейтинг – це комплексний показник успішності студента, рівень його обізнаності з матеріалом курсу та глибини засвоєння умінь і навичок, передбачених програмою курсу. Рейтинг виражається кількістю балів.

Максимальна сума балів за всі види робіт у курсі “Основи радіаційної фізики та дозиметрії” (активність на лекціях, практичних, контрольні роботи, самостійне виконання завдань з перевіркою викладачем, підсумковий залік та ін.) – **100 балів**.

Кількість балів виставляється за вивчення кожного змістового модуля та якість виконання інших завдань у відповідності з таблицями 7 та 8. На час закінчення лекційних і практичних занять студенту повідомляється його підсумковий рейтинг. Підготовка і успішне складання заліку може підвищити рейтинг, але не більше, ніж на 26 балів.

За загальною рейтинговою оцінкою виставляються оцінки за звичайною 4-бальною системою та за європейською системою (ECTS) у відповідності з таблиці 9.

Відповідність оцінки підготовленості студента за різними системами оцінювання.

Рейтингова оцінка (%).	Оцінка за 4-бальною системою	Оцінка за системою ECTS	
		Оцінка	Характер рівня знань.
90–100	Відмінно (5)	A	Відмінно
80–89	Добре (4)	B	Дуже добре
65–79		C	Добре
55–64	Задовільно (3)	D	Задовільно
50–54		E	Достатньо
35–49	Незадовільно	FX	Незадовільно з можливістю повторного перескладання.
0–34		F	Незадовільно з обов’язковим повторенням курсу навчання.

Структура залікових балів з лабораторних робіт курсу “**Основи радіаційної фізики та дозиметрії**” (Обов’язкові до виконання 3 роботи).

№ п/п	№ модуля	№ зм. модуля	Назва лабораторної роботи та завдання	Максим. кількість балів
1.	2.	2.1	Розв’язування типових дозиметричних задач.	15
2.	2	2.1	Дослідження доз, рівнів опромінення та захисту при зовнішньому опроміненню людини.	10
3.	2	2.2	Вивчення радіаційних умов з допомогою дозиметра ДРГЗ та	10

			комплекту ИФКУ-1.	
4.	2	2.3	Використання ІВ у техніці та наукових дослідженнях.	10
5.	Індивідуальна робота студента в лабораторії (Вконання додаткової лабораторної роботи, постановка нової роботи, модернізація експериментальної установки до ЛР).			15

Робота студента на лабораторних заняттях оцінюється в 45 балів. За кожний змістовий модуль (лабораторну роботу) студент може одержати максимальне число балів – 10 (табл.10): 2 бали за готовність до роботи перед виконанням (допуск); 3 бали за опрацювання результатів вимірювання та за оформлення звіту; 5 балів за захист роботи. Крім того, він може одержати заохочувальні (до 15) бали за додаткову роботу в лабораторіях практикуму (наприклад, при налагодженні нової лабораторної роботи). Але загальна рейтингова сума балів не повинна перевищувати 45. За рейтинговою сумою балів з лабораторних робіт **зараховується виконання завдань практикуму**, якщо ця сума більша 23. Коли сума балів менше 28 виконання практикуму **не зараховується і** студент не допускається до складання заліку по курсу. Бали, одержані за виконання ЛР додаються до загальної суми балів по курсу. При достатньо високому підсумковому поточному рейтингу студента (65 балів і вище— оцінка «добре») дозволяється виставлення заліку в залікову книжку без процедури складання заліку.

5.5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Види іонізуючого випромінювання. Історія відкриття радіоактивності.	2	-
2	Фредерік Содді. Радіохімік і Нобелівський лауреат. Короткий опис хімічних дозиметрів	2	-
3	Історія відкриття рентгенівських променів. Вплив РВ на речовину. Поглинання рентгенівських променів. Наукові основи компютерної томографії.	2	-
4	Способи генерування ізотопів. Застосування радіоізотопів у медицині.	2	-
5	Аналіз Бадера. Використання аналізу Бадера у дослідженнях радіаційних ефектів.	2	-
6	Дослідження структури речовини: X-дифрактограми, рентгено-флуоресцентна спектроскопія, ІЧ спектроскопія, Мессбауерівська спектроскопія.	2	-

5.6. 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. Спонтанний поділ ядер як джерело ІВ.
 7. Одержання ІВ на прискорювачах заряджених частинок. Бетатрон. Мікротрон. Рівень експозиційних доз випромінювання бетатрона та мікротрона.
 8. Природні джерела іонізуючого випромінювання. Космічні промені.
 9. Джерела випромінювання нейтронів.
 10. Методи діагностики радіаційних дефектів.

6. 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 ІАЕА, Гранично-допустимі норми радіонуклідів у об'єктах довкілля, Jeant 4.

7. 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. Экспериментальная 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. Васильева Г.В., Пилипченко В.А., Парлаг О.О. «Основы радіаційної фізики та дозиметрії» 2016, 56с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/38868>
7. I.F. Myroniuk, H.V. Vasylyeva, V.I. Mandzyuk, N.A. Bezruka, T.V. Dmytrotca The Kinetics of Adsorption Binding of Ba²⁺ 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.Муkytyn. 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 TiO₂ – based sorbent. RAD conference proceeding vol.3, p.p.1-4, 2018. ISSN 2466-4626 (online) <http://DOI:1021175/RadProc.2018www.rad-proceedings.org>

10. Пилипченко В.А., Васильева Г.В. Основы 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. K.H. Büchel, H.-H. Moretto, P. Woditsch, *Industrial Inorganic Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 2000.
13. А.А. Чуїко, (Ed.) *Medical Chemistry and Clinical Application of Silica*, Naukova Dumka, Kiev, 2003 (in Russian).
14. А.А. Чуїко (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. Zahra Karimi Mahdi Sadeghi, Naimeddin Mataji-Kojouri. [⁶⁴Cu, a powerful positron emitter for immunoimaging and theranostic: Production via nat ZnO and natZnO-NPs Applied Radiation and Isotopes](#). 137 (2018) 56-61.
17. 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>
18. 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.
19. 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>
20. Защита от ионизирующих излучений: В 2 т. - 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.
21. Радиация. Дозы, эффект, риск: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.-79 с.
22. Иванов В.И. Курс дозиметрии: Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
23. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 2 т. - Т.1. Физика атомного ядра. Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Атомиздат, 1974.-584 с.
24. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники. - М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1963.– 264 с.
25. Лейман К. Взаимодействие излучения с твердым телом и образование дефектов. - М.: Атомиздат, 1979. – 241 с.
26. Дорошук В.Е. Ядерные реакторы на электростанциях.// М.: Атомиздат, 1977.—208. с.С.143-168.
27. В.В. Углов, Радиационные эффекты в твердых телах (БГУ, Минск, 2011).
28. Г.В. Васильева, Фізико-хімічні процеси вилучення продуктів ініційованого поділу ²³⁵U із водних розчинів неорганічними сорбентами (автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. хім. наук: спец. 01 04 18 «фізика і хімія поверхні» Івано-Франківськ, 2010).
29. Г.В.Васильева, В.А.Пилипченко, О.О. Парлаг Основы радіаційної фізики. Посібник до лабораторних робіт. Ужгород. «Говерла», 2016, 68с.
30. Маргулис У.Я. Радиация и защита. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Атомиздат, 1974. – 160 с.
31. Электрические явления при облучении полимеров. /А.П.Тютнев, А.В.Ванников, Г.С.Мингалеев, В.С.Савенко. М.:Энергоатомиздат, 1985.—176с.
32. Меньяйлов М.С. Лабораторний практикум з фізики. – К.: Вища школа, 1972.- 304 с.
33. Раевский И.И. Радиационное воздействие на компоненты и схемы современной электроники: Обзор. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1992.- 44 с.
34. Методические указания к выполнению лабораторных работ по ядерной физике. / Сост. В.В.Погорелов, И.В.Дмитрулин, Г.И.Саливон, Л.Р.Наулик, Б.Е.Лешенко. - К: КГУ, 1987. – 50 с.

Допоміжна література

1. Stephen Padalino, Heather Oliver and Joel Nyquist LLE Collaborators: Vladimir Smalyukand Nancy Rogers «DT neutron yield measurements using neutron activation of aluminum». <https://www.geneseo.edu/nuclear/aluminum-activation-results>
2. V.D. Nefedov, E.N. Tekcster, M.A. Toropova. “Radiochemistry”, *Moskva.: Haigh School*, 1987. – 272с (in Russian)
3. William R. Hendee, E. Russel Ritenour “Medical Imaging Physics” 4th etdition / *A John Wiley & Sons inc. publication, New York*, 2002, 353p p.45-61
4. Н.В. Vasylyeva, О.О. 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
2. IAEA Database <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

Перелік теоретичних питань, які виносяться на залік.

1. Визначити терміни: іонізуюче випромінювання (ІВ). Поле ІВ. Флюенс, густина потоку ІВ, інтенсивність потоку ІВ.
2. Природа радіоактивності. Типи радіоактивних розпадів ядер.
3. Радіоактивні джерела ІВ. Джерела α -частинок, β -частинок.
4. Джерела γ -випромінювання.
5. Спонтанний поділ ядер як джерело ІВ.
6. Одержання ІВ на прискорювачах заряджених частинок.
7. Бетатрон. Мікротрон. Рівень експозиційних доз випромінювання бетатрона та мікротрона.
8. Природні джерела ІВ. Космічні промені.
9. Джерела випромінювання нейтронів.
10. Ядерні реактори поділу як джерела ІВ.
11. Термоядерні реактори, як джерела ІВ. Некеровані ядерні реактори.
12. Взаємодія α -частинок, протонів, багатозарядних іонів (уламків поділу ядер) з речовиною.
13. Взаємодія β -частинок з речовиною.
14. Взаємодія γ -квантів з речовиною.
15. Взаємодія нейтронів з речовиною.
16. Ймовірність розсіювання нейтронів ядрами, захоплення нейтронів. Поняття (поперечного) перерізу ядерної реакції.
17. Питомі іонізаційні втрати енергії зарядженими частинками.
18. Радіаційні втрати енергії зарядженими частинками.
19. Лінійна передача енергії (ЛПЕ) іонізуючим випромінюванням.
20. Експозиційна доза ІВ. Рентген – одиниця експозиційної дози.
21. Поглинута доза ІВ. Грей, рад – одиниці поглинутої дози.
22. Еквівалентна доза ІВ. Зіверт, бер – одиниці еквівалентної дози.
23. Закон послаблення вузькопаралельних монохроматичних пучків нейтронів і γ -квантів.
24. Пробіг заряджених частинок. Крива Брега. Утворення δ -електронів.
25. Середня втрата енергії нейтрона при одному акті пружного розсіювання. Енергія ядра віддачі.
26. Радіаційне захоплення нейтронів ядрами. Залежність перерізу захоплення від швидкості нейтрона.
27. Середня зміна логарифму енергії на один акт розсіювання нейтрона.
28. Сповільнення нейтронів. Вік нейтрона.
29. Особливості дифузії теплових нейтронів. Довжина дифузії. Довжина міграції.
30. Поняття про радіаційні ефекти. Радіаційні дефекти.
31. Механізм утворення дефектів під дією ІВ.
32. Взаємодія ІВ з діелектриками.
33. Типи дефектів у кристалах.
34. Типи пошкоджень у полімерних матеріалах.
35. Каскади атомних зміщень під дією ІВ.
36. Чутливість компонент електроніки до дії ІВ.
37. Дозиметричний контроль та дозиметричні прилади.

38. Дія високих доз ІВ на реакторні матеріали.
39. Біологічна дія ІВ.
40. Фактори, що впливають на ефективність біологічної дії ІВ.
41. Залежність біологічної дії ІВ від ЛПЕ. Коефіцієнти якості ІВ.
42. Особливості внутрішнього опромінення. Групи критичних органів.
43. Категорії осіб відносно роботи з ІВ.
44. Гранично допустима доза опромінення для персоналу (категорії А).
45. Границя еквівалентної дози для категорії Б.
46. Ознаки променевої хвороби.
47. Поняття про норми радіаційної безпеки.
48. Проблема радону.
49. Міграція радіонуклідів у біосфері.
50. ІВ у космосі. Утворення випромінювань при еволюції зірок.
51. Захист від ІВ. Визначення товщини захисту за необхідним значенням кратності послаблення.
52. Екологічні проблеми ядерних реакторів поділу. Проблема радіоактивних відходів.

Орієнтовний перелік тем науково-дослідної роботи студентів

1. Спостереження жорсткої компоненти космічних променів поблизу поверхні.
2. Експериментальне визначення ефективності захисту з різних речовин від гамма-променів та нейтронів.
3. Одержання нейтронів на електронних прискорювачах.
4. Ідентифікація гамма-ліній природних джерел радіоактивності за допомогою гамма-спектрометра.
5. Чорні діри у космосі—джерела високоенергетичних космічних променів.
6. Вплив іонізуючого випромінювання на властивості полімерів. Діелектричні трекові детектори.
7. Продукти ядерних реакцій поділу.
8. Кінетика радіаційних дефектів у твердому тілі.
9. Біологічна дія іонізуючого випромінювання.
10. Історія відкриття радіоактивності.
11. Історія відкриття рентгенівського випромінювання.
12. Тема за побажанням студента, погоджена з викладачем.

Приклади контрольних робіт за змістовими модулями.

#20д

1. Визначити терміни: іонізуюче випромінювання (ІВ). Поле ІВ. Флюенс, густина потоку ІВ, інтенсивність потоку ІВ.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі до 25 бер.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення А за 10 років?
4. Оцінити середню дозу від природного випромінювання, яку одержує людина за 70 років.

#21д

1. Природа радіоактивності. Типи радіоактивних розпадів ядер.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 75 бер.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення Б за 10 років?
4. Інтенсивність джерела швидких (5 МеВ) нейтронів 10^8 н/сек. На яких віддальх від джерела густина потоку перевищує гранично допустие значення для категорії населення А?

#22

1. Радіоактивні джерела ІВ. Джерела α -частинок, β -частинок.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 100 бер.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення В за 10 років?
4. Інтенсивність джерела швидких (5 МеВ) нейтронів 10^8 н/сек. На яких віддальх від джерела густина потоку перевищує гранично допустие значення для категорії населення Б?

#23д

1. Джерела γ -випромінювання.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 600 бер.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення А за 1 місяць?
4. Поле швидких нейтронів характеризується густиною потоку 2400 нейтр/см²хв. Який щоденний максимальний час роботи у цьому полі допускається для персоналу (категорія А)? Чи виправдане таке значення часу роботи у реальному випадку?

#24д

1. Спонтанний поділ ядер як джерело ІВ.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 350 бер.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення Б за 1 місяць?
4. Поле швидких електронів характеризується густиною потоку 3600 нейтр/см²хв. Який щоденний максимальний час роботи у цьому полі допускається для персоналу (категорія А)?

#25д.

1. Одержання ІВ на прискорювачах заряджених частинок.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 60 000 бер.

3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення Б за 1 тиждень?
4. Поле монохроматичних гамма-квантів з енергією 4 MeV характеризується інтенсивністю потоку $3,6 \cdot 10^5$ MeV/cm²хв. Який щоденний максимальний час роботи у цьому полі допускається для персонала (категорія А)?

№26Д

1. Природні джерела ІВ. Космічні промені.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 1 Зіверт.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення Б за 5 годин?
4. Поле теплових нейтронів характеризується густиною потоку $9 \cdot 10^4$ нейтр./см²хв. Який щоденний максимальний час роботи у цьому полі допускається для персонала (категорія А)? Чи виправдане таке значення часу роботи у реальному випадку?

#27д

1. Джерела випромінювання нейтронів.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 6 Зіверт.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення А за 5 годин?
4. Поле теплових нейтронів характеризується густиною потоку $9 \cdot 10^4$ нейтр./см²хв. Яка кратність послаблення густини потоку матеріалом захисту у цьому полі для персоналу (категорія А)?

#28д

1. Ядерні реактори поділу як джерела ІВ.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 600 Зіверт.
3. Який ліміт дози (ГДД) для категорії населення Б за 24 години?
4. Поле швидких нейтронів характеризується густиною потоку $9 \cdot 10^4$ нейтр./см²хв. Яка кратність послаблення густини потоку матеріалом захисту у цьому полі для персоналу (категорія А)?

#29д

1. Термоядерні реактори як джерела ІВ. Некеровані ядерні реактори.
2. Пояснити зміст терміну «поле іонізуючого випромінювання».
3. Які дефекти кристалічної ґратки виникають під дією іонізуючого випромінювання?
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ⁶⁰Co активністю $3,7 \cdot 10^7$ беккерель на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $12,8 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#30д

1. Взаємодія α-частинок, протонів, багатозарядних іонів (уламків поділу ядер) з речовиною.
2. Пояснити зміст терміну «поле іонізуючого випромінювання».
3. Як здійснюється і як описується сповільнення нейтронів?
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ¹³⁷Cs активністю $3,7 \cdot 10^7$ беккерель на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $3,24 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#31д

1. Взаємодія β-частинок з речовиною. Що називають «гальмівним випромінюванням»?
2. Пояснити зміст терміну «флюенс іонізуючого випромінювання».
3. Як називається і який механізм здійснення перенесення теплових нейтронів?

4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{22}Na активністю $3,7 \cdot 10^7$ беккерель на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $11,8 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#32д

1. Взаємодія γ -квантів з речовиною. У якому діапазоні енергій переважає процес утворення e^+e^- -- пар? Чому?
2. Пояснити зміст терміну «*густина потоку іонізуючого випромінювання*».
3. Як називається і що визначає доза випромінювання, одиницями вимірювання якої є *Зіверт* і *бер*?
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{137}Cs активністю $3,7 \cdot 10^{10}$ беккерель на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $3,24 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#33д

1. Взаємодія нейтронів з речовиною.
2. Пояснити зміст терміну «*інтенсивність іонізуючого випромінювання*».
3. Чому і яким способом іонізуюче випромінювання впливає на характеристики мікросхем?
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{60}Co активністю $3,7 \cdot 10^{10}$ беккерель на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $12,8 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#34д.

1. Ймовірність розсіювання нейтронів ядрами, захоплення нейтронів. Поняття (поперечного) перерізу ядерної реакції.
2. Пояснити зміст терміну «*поглинена доза іонізуючого випромінювання*».
3. Фактори, які впливають на ефективність біологічної дії іонізуючого випромінювання.
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{22}Na активністю $3,7 \cdot 10^{10}$ беккерель на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $11,8 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#35д

1. Питомі іонізаційні втрати енергії зарядженими частинками.
2. Пояснити зміст терміну «*еквівалентна доза іонізуючого випромінювання*».
3. Залежність біологічної дії іонізуючого випромінювання (ІВ) від лінійної передачі енергії (ЛПЕ). Коефіцієнт якості ІВ.
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{22}Na активністю 1000 Кі на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $11,8 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#36д

1. Радіаційні втрати енергії зарядженими частинками.
2. Пояснити зміст терміну «*мінімально значима активність*».
3. Пробіг альфа-випромінювання. Крива Брегга.
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{60}Co активністю 1000 Кі на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $12,8 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#37д.

1. Лінійна передача енергії (ЛПЕ) іонізуючим випромінюванням.
2. Пояснити зміст терміну «*макроскопічний переріз взаємодії нейтронів*».
3. Проблема радіоактивних відходів ядерних реакторів поділу.
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{137}Cs активністю 1000 Кі на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $3,24 \text{ Рсм}^2/(\text{год мКі})$.

#38д

1. Експозиційна доза ІВ. Рентген – одиниця експозиційної дози.
2. Пояснити зміст терміну «*коефіцієнт поглинання гамма-квантів*».
3. Принцип дії газорозрядного лічильника (лічильника Гейгера-Мюллера).

4. Знайти масу зразка ^{60}Co з активністю 1 Кі. Період напіврозпаду 5,3 років.
 $1\text{а.о.м.}=1,67\cdot 10^{-24}\text{ г.}$

#39д

1. Поглинута доза ІВ. Грей, рад – одиниці поглинутої дози.
2. Пояснити зміст терміну «пробіг альфа-частинок».
3. Принцип дії напівпровідникового детектора альфа-частинок.
4. Знайти масу зразка ^{137}Cs з активністю 1 Кі. Період напіврозпаду 30 років.
 $1\text{а.о.м.}=1,67\cdot 10^{-24}\text{ г.}$

#40д

1. Еквівалентна доза ІВ. Зіверт, бер – одиниці еквівалентної дози.
2. Пояснити зміст терміну «пробіг бета-частинок».
3. Принцип дії сцинтиляційного детектора гамма-квантів.
4. Знайти масу зразка ^{22}Na з активністю 1 Кі. Період напіврозпаду 2,6 років.
 $1\text{а.о.м.}=1,67\cdot 10^{-24}\text{ г.}$

#41д

1. Закон послаблення вузькопаралельних монохроматичних пучків нейтронів і γ -квантів.
2. Пояснити зміст терміну «питомі іонізаційні втрати енергії».
3. Як використовується у радіаційній фізиці кристал NaI(Tl) ?
4. Знайти масу зразка ^{226}Ra з активністю 1 Кі. Період напіврозпаду 1600 років.
 $1\text{а.о.м.}=1,67\cdot 10^{-24}\text{ г.}$

#42д

1. Пробіг заряджених частинок. Крива Брегга. Утворення δ -електронів.
2. Пояснити зміст терміну «коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання».
3. Як використовується у радіаційній фізиці речовини ZnS(Ag) ?
4. Розрахувати потужність експозиційної дози від джерела ^{226}Ra активністю 1 Кі на віддалі 1 М. Гамма-постійна нукліда $8,4\text{ Рсм}^2/(\text{год}\cdot\text{мКі})$.

#43д

1. Фактори, які впливають на ефективність дії ІВ.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «рентген».
3. Використання у радіаційній фізиці фотоемальсій.
4. Знайти масу зразка ^{226}Ra з активністю 1 Кі. Період напіврозпаду 1600 років.
 $1\text{а.о.м.}=1,67\cdot 10^{-24}\text{ г.}$

#44д

1. Середня втрата енергії нейтрона при одному акті пружного розсіювання. Енергія ядра віддачі.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «рад».
3. Який матеріал є ефективнішим для захисту від гамма-квантів алюміній чи свинець?
4. Знайти масу зразка ^{226}Ra з активністю 1 Кі. Період напіврозпаду 1600 років.
 $1\text{а.о.м.}=1,67\cdot 10^{-24}\text{ г.}$

#45д

1. Радіаційне захоплення нейтронів ядрами. Залежність перерізу захоплення від швидкості нейтрона.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «бер».
3. Яка гранична потужність еквівалентної дози на робочому місці осіб категорії А?

4. Розрахувати необхідну кратність послаблення швидких нейтронів (10 MeV) від точкового джерела інтенсивністю 10^8 н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -20 н/(см²сек).

#46д

1. Поняття про радіаційні ефекти. Радіаційні дефекти.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Грей».
3. Який тип розпаду радону (Ra-222)?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення швидких нейтронів (10 MeV) від точкового джерела інтенсивністю 10^6 н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -20 н/(см²сек)

#47д

1. Механізм утворення дефектів під дією ІВ.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Зіверт».
3. Як утворюється ізотоп С-14 в атмосфері? Як використовується його активність?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення швидких нейтронів (10 MeV) від точкового джерела інтенсивністю 10^{10} н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -20 н/(см²сек).

#48д

1. Типи дефектів у кристалах.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Беккерель».
3. Розрахувати необхідну кратність послаблення швидких нейтронів (10 MeV) від точкового джерела інтенсивністю 10^{12} н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -20 н/(см²сек).

#49д

1. Типи пошкоджень у полімерних матеріалах.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Кюрі».
3. Які радіоактивні елементи помітно поширені у земній корі?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення теплових нейтронів (0,025 eV) від точкового джерела інтенсивністю 10^8 н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -750 н/(см²сек).

#50д

1. Каскади атомних зміщень під дією ІВ.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «рентген».
3. Які частинки та до якої максимальної енергії прискорює бетатрон УжНУ (Б-25)?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення теплових нейтронів (0,025 eV) від точкового джерела інтенсивністю 10^{10} н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -750 н/(см²сек).

#51д.

1. Сповільнення і дифузія нейтронів у речовині.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «рад».
3. Які частинки та до якої максимальної енергії прискорює мікротрон УжНУ (М-10)?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення теплових нейтронів (0,025 eV) від точкового джерела інтенсивністю 10^{12} н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -750 н/(см²сек).

#52д.

1. Чутливість компонент електроніки до дії ІВ.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «бер».

3. Яка частинка при розсіюванні на ядрах кремнію може передати більшу енергію віддачі: електрон з енергією 20 MeV чи нейтрон з енергією 10 MeV?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення теплових нейтронів (0,025 eV) від точкового джерела інтенсивністю 10^{15} н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів -750 н/(см²сек).

#53д.

1. Дозиметричний контроль та дозиметричні прилади.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Зіверт».
3. Яка фізична величина вимірюється у радіаційній фізиці в одиницях [1/см²]?
4. Розрахувати активність зразка ⁵⁹Со, m=59 г, після витримки його в потоці теплових нейтронів густиною 10^{12} н/(см²с) протягом 1 години (значно менше періоду напіврозпаду ⁶⁰Со, рівного 5,3 роки). Переріз ядерної реакції ⁵⁹Со(n,γ) складає 37 барн.

#54д.

1. Дія високих доз ІВ на реакторні матеріали.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Грей».
3. Яка фізична величина вимірюється у радіаційній фізиці в одиницях [1/см²с]?
4. Розрахувати активність зразка ²Н, m=2 г, після витримки його в потоці теплових нейтронів густиною 10^{12} н/(см²с) протягом 1 години (значно менше періоду напіврозпаду ³Н, рівного 12,33 роки). Переріз ядерної реакції ²Н(n,γ) складає 0,00052 барн.

#55д.

1. Біологічна дія ІВ.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Беккерель».
3. Дати визначення терміну «кратність послаблення».
4. Розрахувати активність зразка ¹³С, m=12 г, після витримки його в потоці теплових нейтронів густиною 10^{12} н/(см²с) протягом 1 години (значно менше періоду напіврозпаду ¹⁴С, рівного 5730 років). Переріз ядерної реакції ¹³С(n,γ) складає 0,00137 барн.

#56д.

1. Фактори, що впливають на ефективність біологічної дії ІВ.
2. Дати визначення одиниці вимірювання «Кюрі».
3. У чому відрізняється пробіг бета-частинки від пробігу альфа-частинки?
4. Розрахувати активність зразка ²³Na, m=23 г, після витримки його в потоці теплових нейтронів густиною 10^{12} н/(см²с) протягом 1 години (значно менше періоду напіврозпаду ²⁴Na, рівного 15 годин). Переріз ядерної реакції ²³Na(n,γ) складає 0,53 барна.

#57д.

1. Залежність біологічної дії ІВ від ЛПЕ. Коефіцієнти якості ІВ.
2. Пояснити зміст терміну «флюенс іонізуючого випромінювання».
3. Що називають альфа-випромінюванням?
4. Розрахувати активність зразка ²³⁸U, m=238 г, після витримки його в потоці теплових нейтронів густиною 10^{12} н/(см²с) протягом 1 хвилини (значно менше періоду напіврозпаду ²³⁹U, рівного 23,5 хв.). Переріз ядерної реакції ²³⁸U(n,γ) складає 2,68 барн.

#58д.

1. Особливості внутрішнього опромінення. Групи критичних органів.
2. Пояснити зміст терміну «густина потоку іонізуючого випромінювання».
3. Приблизно коли і як утворилась переважна кількість ядер урану?

4. Розрахувати максимально можливу передачу енергії електрону речовини α -частинкою з енергією 5 MeV.

#59д.

1. Категорії осіб відносно роботи з ІВ.
2. Пояснити зміст терміну «поглинена доза іонізуючого випромінювання».
3. Яка вода більш підходить для захисту від нейтронного випромінювання: звичайна чи важка?
4. Розрахувати максимально можливу передачу енергії електрону речовини електронем з енергією 50 keV.

#60д.

1. Гранично допустима доза опромінення для персонала (категорії А).
2. Пояснити зміст терміну «еквівалентна доза іонізуючого випромінювання».
3. Яку роль відіграє сцинтилятор у сцинтиляційному детекторі ІВ?
4. Розрахувати максимально можливу передачу енергії електрону речовини швидким протоном з енергією 5 MeV.

#61д.

1. Границя еквівалентної дози для категорії Б.
2. Пояснити зміст терміну «лінійна передача енергії (ЛПЕ) іонізуючого випромінювання». Розрахувати максимально можливу передачу енергії електрону речовини нейтроном з енергією 5 MeV.
3. Яку роль відіграє фотоелектронний помножувач у сцинтиляційному детекторі ІВ?
4. Як довго дозволяється перебування особи категорії А на віддалі 50 см від точкового джерела швидких нейтронів ($E=10$ MeV) інтенсивністю 10^8 н/сек. Допустима густина потоку для таких нейтронів ~ 20 н/(см²сек).

#62д.

1. Ознаки променевої хвороби.
2. Пояснити зміст терміну « δ -електрон».
3. Чи відрізняється суттєво маса прискореного електрона ($E_e=20$ MeV) від маси спокою електрона?
4. Знайти відношення еквівалентних доз теплових нейтронів при поглиненій дозі 1 Грей і α -частинок при поглиненій дозі 0.4 Грея.

#63д.

1. Поняття про норми радіаційної безпеки (НРБУ).
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короточасного опромінення людини при еквівалентній дозі 600 Грей.
3. Яка траєкторія руху електронів у момент прискорення їх у бетатроні? Як це досягається?
4. Знайти відношення еквівалентних доз теплових нейтронів при поглиненій дозі 1 Грей і β -частинок при поглиненій дозі 3 Грея.

#64д.

1. Проблема радону.

2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 6 Грей.
3. Яка траєкторія руху електронів у момент прискорення їх у мікротроні? Як це досягається?
4. Знайти відношення еквівалентних доз теплових нейтронів при поглиненій дозі 1 Грей і γ -квантів при поглиненій дозі 0.5 Грея.

#65д.

1. Іонізуючі випромінювання у космосі.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 600 бер.
3. Які дефекти кристалічної ґратки називають “парами Френеля”?
4. Концентрація ядер ^{14}C у живих рослинах відповідає 14 розпадам за хвилину. Щоб визначити вік давніх тканин, було виміряно число розпадів ^{14}C у цих тканинах, яке виявилось рівним 7 розпадам за хвилину. Період напіврозпаду ^{14}C складає 5730 років. Оцінити вік тканин.

#66д.

1. Захист від ІВ.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 1 Зіверт.
3. Які основні ефекти передачі енергії від ІВ речовині?
4. Концентрація ядер ^{14}C у живих рослинах відповідає 14 розпадам за хвилину. Щоб визначити вік давніх тканин, було виміряно число розпадів ^{14}C у цих тканинах, яке виявилось рівним 3,5 розпадам за хвилину. Період напіврозпаду ^{14}C складає 5730 років. Оцінити вік тканин.

№67д

1. Екологічні проблеми ядерних реакторів поділу. Проблема радіоактивних відходів.
2. Охарактеризувати радіаційний ефект короткочасного опромінення людини при еквівалентній дозі 75 бер.
3. Як залежить число взаємодій іонізуючих частинок у тонкій мішені від густини потоку, φ , концентрації атомів у мішені, n , та товщини мішені, Δx ?
4. Експозиційна доза 1 рентген відповідає утворенню приблизно $2,09 \cdot 10^9$ пар іонів в 1 см^3 повітря при нормальних умовах. Для утворення у повітрі однієї пари іонів витрачається у середньому 35 еВ. Оцінити поглинену повітрям дозу при експозиційній дозі 1 рентген. Густина повітря $1,29 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$.

№68д

1. Міграція радіонуклідів у біосфері.
2. Чим відрізняється пружне розсіювання іонізуючої частинки від непружного?
3. Природа β -випромінювання.
4. Потужність дози гальмівного γ -випромінювання бетатрона на віддалі 1 М від гальмівної мішені рівна 25 Р/хв. Який максимальний час може знаходитись у такому потоці людина і при цьому уникнути легкої форми променевої хвороби?

№69д

1. Коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання.
2. Чим відрізняються і у чому подібні рентгенівські промені і γ -кванти?

3. Яких частинок більше у високоенергетичних космічних променях: протонів чи альфа-частинок?
4. Потужність дози гальмівного γ -випромінювання мікротрона на віддалі 3 М від гальмівної мішені приблизно рівна 90 Р/хв. Який максимальний час може знаходитись у такому потоці людина і при цьому уникнути легкої форми променевої хвороби?

№70д.

1. Термоядерні керовані і некеровані ядерні реактори та їх іонізуюче випромінювання.
2. Як утворюється розупорядкована область кристалу під дією ІВ?
3. Чим відрізняється β^- -випромінювання від β^+ -випромінювання?
4. Розрахувати необхідну кратність послаблення швидких нейтронів (10 МеВ) від точкового джерела інтенсивністю 10^9 н/сек на віддалі 1М. Допустима густина потоку для таких нейтронів ~ 20 н/(см²сек). вільності, знайти внутрішню енергію 2 л водню і 3 л вуглекислого газу при тиску 10^5 Па.

Білети ККР

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА
З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 1.

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}^2_1\text{H}$; розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у MeV), знайдіть у довіднику ізопопи цього ядра і запишіть.
2. Побудова та принцип дії напівпровідникового детектора.
3. Довести, чи можливий такий розпад ${}^3\text{H} \xrightarrow{\beta^-} {}^3\text{He} + \beta^- + \bar{\nu}$
4. Перерахуйте закони збереження для ядерних реакцій. Приведіть приклад закону збереження спінів.
5. Поясніть поділ важкого ядра на основі краплинної моделі.
6. Наведіть систематику елементарних частинок

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА
З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 2

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}^3_2\text{He}$ розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у Дж), знайдіть у довіднику ізопопи цього ядра і запишіть.
2. Побудова та принцип дії іонізаційної камери;
3. Поясніть зміст формули $N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$
4. Перерахуйте механізми протікання ядерних реакцій.
5. Визначіть енергію яка виділяється при синтезі ядра ${}^4\text{He}$ з ядер дейтерію та тритію.
6. Наведіть приклади лептонів.

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА
З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 3

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}^4_2\text{He}$ розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у Дж), знайдіть у довіднику ізопопи цього ядра і запишіть.
2. Як експериментально можна визначити заряд ядра платини;
3. Радіоактивний розпад може відбутися якщо.....
4. Визначити порогову енергію реакції $\gamma + {}^{12}\text{C} = {}^{11}\text{C} + \text{n}$.
5. Запишіть реакцію поділу ядра ${}^{235}\text{U}$ нейтроном. Перерахуйте основні характеристики реакції та продуктів реакції.
6. Наведіть приклади гадронів

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 4

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}^9_2\text{Be}$ розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у МеВ), знайдіть у довіднику ізопопи цього ядра і запишіть.
2. Побудова та принцип дії лічильника Гейгера –Мюллера.
3. Який із приведених прикладів бета розпаду не може відбутися ${}^3_1\text{H} \xrightarrow{\beta^+} \dots$ чи ${}^3_1\text{H} \xrightarrow{\beta^-} \dots$. Чому?
4. Приведіть приклад реакції з різними вихідними каналами.
5. Які імпульсні системи реалізації керованого термоядерного синтезу вам відомі.
6. Поясніть які частинки називаються резонансами

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 5

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}^{10}_5\text{B}$ розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у Дж), знайдіть у довіднику ізопопи цього ядра і запишіть.
2. Побудова та принцип дії сцинтиляційного детектора.
3. Поясніть зміст формули $A = \lambda \cdot N$
4. Перерахуйте основні типи ядерних реакцій по вхідному каналу
5. Проаналізуйте формулу Брейта – Вігнера.
6. Приведіть приклади носіїв основних взаємодій у природі.

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 6

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}^{11}_5\text{B}$ розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у МеВ, Дж), знайдіть у довіднику ізопопи цього ядра і запишіть.
2. Яка різниця між інтегральним одноканальним амплітудним аналізатором (дискримінатором)
3. Довести, чи можливий такий розпад. ${}^{60}\text{Co} \xrightarrow{\beta^-} {}^{60}\text{Ni} + \beta^- + \bar{\nu}$.
4. Посніть, які це ендотермічні ядерні реакції. Приведіть приклад такої реакції.
5. Приведіть приклад симетричного поділу ядра ${}^{239}\text{Pu}$ під впливом швидких нейтронів.
6. Наведіть основні характеристики кварків

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 7

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}_{26}^{57}\text{Fe}$; розрахуйте енергію зв'язку цього ядра (результат у Дж), знайдіть у довіднику ізопаи цього ядра і запишіть.
2. Побудова та принцип дії циклотрона
3. Посніть, як відбувається процес випромінювання гамма – квантів вільними ядрами.
4. Перерахуйте закони збереження для ядерних реакцій. Приведіть один приклад на ваш вибір.
5. Поясніть поділ важкого ядра на основі краплинної моделі.
6. Перерахуйте основні закони збереження для елементарних частинок

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 8

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}_{25}^{55}\text{Mn}$; розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у MeV.); знайдіть у довіднику ізопаи цього ядра і запишіть.
2. Побудова та принцип дії бетатрона.
3. Довести, чи можливий такий розпад ${}_{1}^3\text{H} \xrightarrow{\beta^+} \dots$
4. Запишіть реакцію поділу ядра ${}^{235}\text{U}$ нейтроном. Перерахуйте основні характеристики реакції та продуктів реакції.
5. Як побудований та як діє реактор на повільних нейтронах. Яке паливо використовується.
6. На основі кваркової моделі поясніть будову нуклонів (протона) і мезонів (π^+).

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ _____

Варіант 9

1. Визначити з яких нуклонів складається ядро ${}_{29}^{65}\text{Cu}$; розрахуйте питому енергію зв'язку цього ядра (результат у Дж), знайдіть у довіднику ізопаи цього ядра і запишіть.
2. Принцип дії прискорювального комплексу для одержання заряджених частинок надвисоких енергій (колайдери)
3. Яка активність джерела, що містить 10^8 нестабільних ядер з періодом напіврозпаду 30 годин.
4. Поясніть термін «інтегральний переріз».
5. Приведіть приклад симетричного поділу ядра ${}^{239}\text{Pu}$ під впливом швидкого нейтрона. Визначити, які будуть продукти реакції користуючись таблицею ізопаи.
6. Поясніть особливості слабких взаємодій, чому слабкі взаємодії універсальні.

Розглянуто на засіданні кафедри теоретичної фізики
протокол _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Карбованець М.І.

**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 _____ М.І. Карбованець_
(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)