

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра теоретичної фізики**



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан фізичного факультету  
проф. Володимир ЛАЗУР

*Лазур*  
«*ФФ*» *Лазур* 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК**

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Освітньо-професійна програма	Фізика. Інформатика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

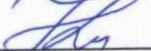
Ужгород – 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» для здобувачів вищої освіти галузі знань 01 Освіта/Педагогіка спеціальності 014 Середня освіта, предметна спеціальність 014.08 Середня освіта. Фізика.

Розробник: Гайсак І. І., доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теоретичної фізики.

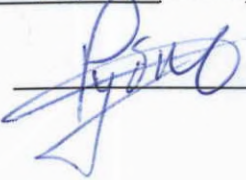
Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол № 10 від. “27” червня 2024 р.

Завідувач кафедри  Мирослав КАРБОВАНЕЦЬ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 8 від. “28” червня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Василь РУБИШ

© Гайсак І.І., 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет, 2024 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:
Загальна кількість годин - 120	3-й
Кількість модулів - 4	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 3,5	6-й
	Лекції
	22
	Практичні, семінарські
	18
Вид підсумкового контролю: іспит	Лабораторні
	20
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота
	60

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «**Фізика ядра та елементарних частинок**» належить до обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів предметної спеціальності **014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)**. Навчальним планом передбачено лекції, практичні заняття та лабораторні роботи.

Метою лекційного курсу навчальної дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» є ознайомлення студентів з фізикою атомного ядра і елементарних частинок як фізичною теорією, яка є узагальненням експериментальних досліджень та теоретичних розробок моделей ядра, здатних пояснити основні закономірності, виявлені експериментальним шляхом. В результаті проведення практичних занять студенти повинні навчитися проводити розрахунки параметрів атомного ядра, радіоактивного розпаду та ядерних реакцій. Виконуючи лабораторні роботи студенти отримують навички роботи з детекторами ядерного випромінювання, статистичної обробки результатів фізичного експерименту.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни повинно сформулювати у здобувачів вищої освіти наступних компетентностей:

<b>Інтегральна компетентність</b>	Здатність розв'язувати спеціалізовані практичні завдання в освітній галузі, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, предметних знань, психології, теорії та методики навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти.
<b>Загальні компетентності</b>	<b>ЗК1.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до застосування знань у практичних ситуаціях. <b>ЗК2.</b> Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності. <b>ЗК4.</b> Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук, аналіз та обробку інформації з різних джерел, ефективно використовувати цифрові ресурси та технології в освітньому процесі.
<b>Фахові компетентності спеціальності (ФК)</b>	<b>ФК1.</b> Здатність перенесення системи наукових знань у професійну діяльність та в площину навчального предмету. <b>ФК4.</b> Здатність формувати і розвивати в учнів ключові та предметні компетентності засобами навчального предмету та інтегрованого навчання; формувати в них ціннісне ставлення, розвивати критичне мислення.
<b>Фахові (предметні) компетентності</b>	<b>ПК1.</b> Здатність використовувати комплекс наукових знань з фізики та астрономії у поєднанні із необхідним математичним апаратом для пояснення явищ природи, розуміння сучасної природничо-наукової картини світу. <b>ПК2.</b> Здатність організовувати та здійснювати дослідницьку діяльність та формулювати доказові висновки на основі отриманої інформації. <b>ПК3.</b> Здатність виокремлювати істотні ознаки основних

	<p>одиниць навчального змісту курсу фізики: фізичного явища, величини, закону, фізичної теорії, фундаментального фізичного експерименту, фізичного приладу, технічного пристрою та моделі; обґрунтовано обирати та застосовувати методи й засоби навчання, відповідний дидактичний матеріал для їх пояснення.</p> <p><b>ПК4.</b> Здатність здійснювати усі види фізичного експерименту, у тому числі і навчального, відповідно до методики і техніки проведення.</p> <p><b>ПК5.</b> Здатність розв'язувати задачі з фізики й астрономії та навчати учнів їх розв'язуванню.</p>
--	--

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумови вивчення навчальної дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» є володіння базовими знаннями з фізики, математики і хімії згідно програм загальноосвітньої середньої школи, а також опанування навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК 15	Електрика і магнетизм
ОК 16	Оптика
ОК 17	Атомна фізика

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика. Інформатика», вивчення навчальної дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПНР):

Програмні результати навчання	Шифр ПНР
Називає і аналізує методи цілепокладання, планування та проєктування процесів навчання і виховання учнів на основі компетентнісного підходу з урахуванням їх освітніх потреб; класифікує форми, методи і засоби навчання предмету в закладах загальної середньої освіти.	РН3
Демонструє знання основ фундаментальних і прикладних наук (відповідно до предметної спеціальності), оперує базовими категоріями та поняттями предметної області спеціальності.	РН7
Демонструє володіння сучасними технологіями пошуку наукової інформації для самоосвіти та застосування її у професійній діяльності.	РН10
Класифікує і пояснює основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики, астрономії та методики їх навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.	ПРН1
Аналізує фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.	ПРН2

Здійснює експериментальну діяльність з фізики, організовує та проводить фізичний експеримент в освітньому процесі.	ПРН3
Демонструє вміння розв'язувати типові задачі з різних розділів фізики та астрономії, чітко й раціонально пояснює їх розв'язки.	ПРН4

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Вміє планувати та проектувати процеси навчання і виховання учнів на основі компетентнісного підходу з урахуванням їх освітніх потреб учнів.	РН3
Демонструє знання фундаментальних і прикладних основ фізики ядра та елементарних частинок.	РН7
Володіє сучасними технологіями пошуку наукової інформації з метою самоосвіти та застосування її у професійній діяльності вчителя.	РН10
Пояснює основні поняття, закони, теорії, предмет і методи дослідження в галузі фізики ядра та елементарних частинок, етапи історії їх розвитку.	ПРН1
Застосовує відповідні математичні методи та фізичні закони і принципи для описання фізичних явищ і процесів.	ПРН2
Організовує та проводить віртуальний фізичний експеримент з ядерної фізики, використовуючи комп'ютерно-інформаційні технології в освітньому процесі.	ПРН3
Вміє розв'язувати типові задачі з ядерної фізики, чітко й раціонально пояснює їх розв'язки учням.	ПРН4

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

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

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» є іспит.

Методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

- відповіді і виконання тестів на практичних завданнях;
- виконання індивідуальних завдань (розв'язування задач) самостійної роботи;
- виконання завдань модульних контрольних робіт;
- захист виконаних лабораторних робіт.

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

Форми поточного контролю:

- усне опитування та виконання тестових завдань;
- виконання завдань самостійної роботи.

Форма модульного контролю: складається з поточного контролю та оцінювання модульної контрольної роботи.

Форма підсумкового семестрового контролю: іспит.

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

Поточне оцінювання та самостійна робота		Поточне оцінюв.	Лаб. роботи	Модульна КР	Сума
T1-T3	T4-T6	30	30	40	100
15	15				
Лб.1, Лб.2,	Лб.3				
15	15				

T1, T2, ... теми, Лб.1, Лб.2, ... лабораторні роботи

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

Поточне оцінювання та самостійна робота		Поточне оцінюв.	Лаб. роботи	Модульна КР	Сума
T7-T9	T10,T11	30	30	40	100
20	10				
Лб.4	Лб.5				
15	15				

### Критерій оцінювання виконання, оформлення та захисту лабораторних робіт.

За кожен лабораторну роботу студент може отримати 100% максимальної кількості балів, визначеної для кожної теми (лабораторної роботи).

*Критерії оцінювання допуску і виконання лабораторної роботи (40% максимальної кількості балів, визначеної для кожної теми (лабораторної роботи)).*

При оцінюванні допуску враховується розуміння послідовності виконання лабораторної роботи, підготовка бланку-звіту та вміння пояснити закони і закономірності, що передбачається дослідити в лабораторній роботі.

*I. Початковий рівень (10% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент демонструє вміння виконувати частину лабораторної роботи і лише з допомогою викладача, порушує послідовність виконання роботи, відображену в інструкції, не робить самостійно висновки за отриманими результатами.

*II. Середній рівень (20% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент виконує роботу за зразком (інструкцією) або з допомогою викладача, результат роботи студента дає можливість зробити правильні висновки або їх частину, під час виконання роботи допущені помилки.

*III. Достатній рівень (30% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент самостійно виконує роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності виконання алгоритмів, проведення дослідів та вимірювань тощо. У звіті правильно і акуратно виконує записи, таблиці, схеми, графіки, розрахунки, самостійно робить висновки.

*IV. Високий рівень (40% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Студент виконує всі вимоги, передбачені для достатнього рівня, виконує роботу за самостійно складеним планом, робить аналіз результатів, розраховує похибки (якщо потребує завдання). Більш високим рівнем вважається виконання роботи за самостійно складеним оригінальним планом або установкою, їх обґрунтування.

*Критерії оцінювання оформлення і захисту лабораторної роботи (60% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи)*

При оцінюванні оформлення результатів лабораторних робіт (звіту) враховується охайність оформлення, дотримання загальноприйнятих вимог до оформлення такого роду документів, достовірність результатів, тощо.

*I. Початковий рівень (до 15% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєний лише фрагментарно. Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища; діяльність студента здійснюється під керівництвом викладача. Студент за допомогою

викладача описує поняття, явища, процеси тощо або їх частини у зв'язаному вигляді без пояснення їх суттєвих ознак; називає поняття, явища, процеси; розрізняє позначення окремих величин.

*II. Середній рівень (15% - 30% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєний частково. Знання неповні, поверхові, студент в цілому правильно відтворює навчальний матеріал, але недостатньо осмислено; знає основні теорії і факти, уміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, але має проблеми з аналізом та формулюванням висновків; частково контролює власні навчальні дії, здатний виконувати завдання за зразком. Студент може зі сторонньою допомогою пояснювати суть понять, явищ, процесів; виправляти допущені неточності (власні, інших студентів); виявляє елементарні знання основних положень (законів, понять, формул).

*III. Достатній рівень (30% - 50% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент добре опанував вивчений матеріал, застосовує знання у стандартних ситуаціях, уміє проаналізувати й систематизувати інформацію, самостійно використовує традиційні докази із правильною аргументацією. Студент уміє дати ґрунтовну відповідь на поставлене запитання. Відповідь студента повна, логічна; розуміння пов'язане з одиничними образами, не узагальнене. Володіє понятійним апаратом. Допускає незначні неточності чи негрубі фактичні помилки. Уміє виправляти допущені помилки. Студент вільно володіє вивченим матеріалом у стандартних ситуаціях, наводить приклади його практичного застосування та аргументи на підтвердження власних думок.

*IV. Високий рівень (50% - 60% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи).* Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент має системні, повні, глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями в обсязі та в межах вимог навчальної програми, усвідомлено використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях. Уміє самостійно аналізувати та застосовувати основні положення теорії для вирішення нестандартних завдань, робити правильні висновки, приймати рішення. Студент вільно володіє вивченим програмовим матеріалом, уміло послуговується науковою термінологією, вміє опрацьовувати наукову інформацію; вміє самостійно поставити мету дослідження, знаходити нові факти, явища, ідеї, самостійно використовувати їх відповідно до поставленої мети, вказує шляхи її реалізації; робить аналіз та висновки.

*Кінцевий результат* обчислюється як сумарний бал за всі модулі (діє система накопичення балів). Фізичний практикум вважається зарахованим для студента, якщо він повністю виконав всі завдання лабораторних робіт, оформив їх протоколи, виправивши при цьому можливі зауваження керівника заняття і захистив всі передбачені індивідуальним навчальним планом лабораторні роботи.

### **Рейтингова системи оцінки знань студентів**

1. Рейтинг - це комплексний показник успішності студента, рівня його обізнаності в предметі, що вивчається. Цей показник характеризує якість знань, систематичність в роботі студента, його творчість, активність і самостійність.

2. Максимальна сума балів за всі види робіт (практичні, лабораторні контрольні, самостійне вивчення, колоквиуми, підсумковий іспит) з курсу становить 100 балів.

3. За кожну виконану і захищену лабораторну роботу виставляється максимальна кількість балів, визначена для кожної лабораторної роботи. При цьому враховується результати допуску до виконання завдань, якість одержаних результатів та оформлення роботи, розуміння фізичної суті досліджуваних явищ, вміння користуватись фізичними приладами та захист роботи.

4. Викладач може встановлювати заохочувальні бали за активну участь в обговоренні теоретичного матеріалу та в розв'язку задач, творче виконання завдань, за додаткову індивідуальну роботу, яка сприяє поглибленому вивченню курсу (підготовка рефератів, участь в студентських олімпіадах, наукових

конференціях, конкурсах наукових робіт, активна робота в наукових гуртках, публікація статей), однак зальна сума балів курсу та відповідного фізичного практикуму не може перевищувати максимальну суму балів, визначену в п.2 та п.3.

5. Таким чином, рейтинг - це сума набраних студентом балів за різнобічну діяльність в опануванні курсом «Фізика ядра та елементарних частинок», яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

6. Для переводу кількості набраних балів в оцінку ECTS (Європейська система трансферу кредитів) використовують наступну систему:

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### **Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю з курсу «Фізика ядра та елементарних частинок»**

Оцінки “відмінно” (A) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії.

Оцінки “дуже добре” (B) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив незначні неточності.

Оцінки “ добре” (C) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив неточності і помилки.

Оцінки “задовільно” (D) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на іспиті та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення.

Оцінки “достатньо” (E) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо” виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на іспиті та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

Оцінка “незадовільно” (FX) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань. Студенти, які не з'явилися на іспит без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

Оцінка “неприйнятно” (F) виставляється студенту, не виконав повністю план навчальної дисципліни, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією.

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “зараховано” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи іспиту) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці E з кожного модуля. Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи іспит.

## **6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **6.1 Зміст навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Властивості атомних ядер і ядерних сил.**

**Тема 1. Предмет і структура курсу.** Основні етапи розвитку фізики ядра і елементарних частинок. Значення і роль фізики атомного ядра в науково-технічному прогресі. Масштаби явищ мікросвіту. Релятивізм в фізиці частинок. Основні положення квантової механіки. Одиниці енергії і маси мікрочастинок. Космічні промені і відкриття елементарних частинок. Прискорювачі і фізика елементарних частинок.

**Тема 2. Основні характеристики ядер.** Дослід Резерфорда по розсіянню альфа-частинок. Ядро як система взаємодіючих протонів і нейтронів. Заряд ядра, масове число і маса ядра. Ізотопи. Ізобари. Енергія зв'язку ядра. Напівемпірична

формула для енергії зв'язку ядра. Магічні числа. Стабільні і радіоактивні ядра. Квантові характеристики ядер. Спін і магнітний момент ядра. Ядерний магнетон. Електричний квадрупольний момент ядра.

**Тема 3. Властивості ядерних сил і моделі ядер.** Дейтрон. Нуклон-нуклонне розсіяння. Протон-протонні і нейтрон-нейтронні сили. Властивості ядерних сил. Модель Юкави ядерних сил. Відкриття мезона в космічних променях. Крапельна модель ядра. Модель виродженого фермі-газу. Оболонкова модель. Узагальнення оболонкової моделі.

### **Змістовий модуль 2. Радіоактивний розпад.**

**Тема 4. Закон радіоактивного розпаду.** Природна радіоактивність. Види радіоактивного розпаду. Спонтанний поділ ядер. Кластерна радіоактивність. Стала розпаду, середній час життя та час напіврозпаду. Радіоактивні ряди. Енергія радіоактивного розпаду. Одиниці активності іонізуючих джерел. Метод радіоактивного датування. Реєстрація ядерного випромінювання.

**Тема 5. Альфа і гамма радіоактивність.** Сильна ядерна взаємодія. Квантова природа радіоактивного розпаду. Спектроскопія альфа розпаду. Гамма розпад. Електромагнітна взаємодія. Ізомери. Кутовий момент, парність і правила відбору. Внутрішня конверсія. Генерація радіоактивних нуклідів. Гамма спектроскопія. Ефект Месбауера.

**Тема 6. Бета розпад.** Слабка взаємодія. Енергія бета розпаду.  $\beta^-$  і  $\beta^+$ -розпади та електронне захоплення. Теорія Фермі бета розпаду. Властивості нейтрино. Гіпотеза Лі про не збереження парності в бета розпаді. Дослід Ву. Лептони. Кваркова модель гадронів. Універсальна слабка взаємодія. Об'єднання слабкої і електромагнітної взаємодії. Проміжкові векторні бозони. Об'єднання електро-слабкої і сильної взаємодій - Стандартна модель.

### **Змістовий модуль 3. Ядерні реакції.**

**Тема 7. Ядерні реакції і закони збереження.** Класифікація ядерних реакцій. Канали ядерних реакцій. Ефективний переріз, швидкість і вихід реакції. Ядерні реакції під дією нейтронів. Нейтронна фізика. Фотоядерні реакції. Реакції під дією заряджених частинок. Прискорювачі заряджених частинок. Мікротрон, бетатрон

**Тема 8. Фотоядерні реакції і нейтронна фізика.** Джерела гамма квантів. Прискорювачі електронів. Реакції взаємодії гамма квантів з ядрами. Гамма спектроскопія і активаційний аналіз. Джерела нейтронів. Детектори нейтронів. Ядерні реакції і ефективний переріз. Захоплення нейтронів. Інтерференція і дифракція з нейтронами.

**Тема 9. Реакції поділу і синтезу ядер.** Характеристики поділу. Енергія реакцій поділу. Поділ і ядерна структура. Контроль реакції поділу. Радіоактивні продукти поділу. Вибухові речовини поділу. Природний реактор поділу. Характеристики реакцій синтезу. Термоядерні реакції в зірках. Реакції мюонного каталізу.

### **Змістовий модуль 4. Фізика ядра і техніка.**

**Тема 10. Ядерна енергетика.** Поділ ядер нейтронами і гамма квантами. Радіаційне захоплення нейтронів. Принцип дії реактора на повільних нейтронах.

Паливо ядерних реакторів. Реактори на швидких нейтронах. Термоядерні реакції. Міжнародний проект ITER. Ядерна астрофізика. Нуклеосинтез у зірках.

**Тема 11. Методи ядерної фізики.** Методи ядерної спектроскопії. Гамма спектроскопія. Нейтронна спектроскопія.  $\mu$ SR-спектроскопія. Месбауер-спектроскопія. Ядерно-фізичні методи діагностики і терапії в медицині. Виробництво медичних ізотопів на прискорювачах. Комп'ютерна томографія. Позитрон емісійна томографія. Одно фотонна томографія.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		Практичні	Лабораторні	Інд. р. студент	Самост. р.	
<b>3 курс, 6 семестр</b>						
<b>Модуль 1. Властивості атомних ядер і ядерних сил.</b>						
Тема 1. Предмет і структура курсу.	8	2	2	4		
Тема 2. Основні характеристики ядер.	4	2	2			6
Тема 3. Властивості ядерних сил і моделі ядер.	8	2	2	4		6
Разом за модуль	20	6	6	8		12
<b>Модуль 2. Радіоактивний розпад.</b>						
Тема 4. Закон радіоактивного розпаду.	4	2	2			6
Тема 5. Альфа і гамма розпади.	8	2	2	4		6
Тема 6. Бета розпад.	4	2	2			6
Разом за модуль	16	6	6	4		18
<b>Модуль 3. Ядерні реакції.</b>						
Тема 7. Ядерні реакції і закони збереження.	4	2	2			6
Тема 8. Фотоядерні реакції і нейтронна фізика.	8	2	2	4		6
Тема 9 Реакції поділу і синтезу ядер.	2	2				6
Разом за модуль	14	6	4	4		10
<b>Модуль 4. Фізика ядра і техніка.</b>						
Тема 10. Ядерна енергетика.	4	2	2			6
Тема 11. Методи ядерної фізики.	6	2		4		6
Разом за модуль	10	4	2	4		12
Разом за курс	60	22	18	20		60

### 6.3 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Релятивістська кінематика.	2
2	Нерелятивістська кінематика ядерних реакцій.	2
3	Задача Кеплера в квантовій механіці.	2
4	Енергія зв'язку ядра.	2
5	Кваркова модель адронів	2
6	Формула Резерфорда	2
7	Іонізаційні втрати заряджених частинок в речовині.	2
8	Рух заряджених частинок в магнітному полі.	2
9	Енергетичний баланс атомних електростанцій.	2
	Разом	18

### 6.4 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Техніка безпеки	4
2	Газорозрядний лічильник Гейгера-Мюллера.	4
3	Визначення максимальної енергії $\beta$ -частинок.	4
4	Визначення енергії уламків поділу ядра.	4
5	Визначення коефіцієнту послаблення гамма випромінювання при проходженні через речовину.	4
	Разом	20

### 6.5 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Закони збереження і симетрії	6
2	Статистика реєстрації ядерних випромінювань.	6
3	Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною.	6
4	Кваркова модель гадронів.	6
5	Фізичні принципи роботи циклічних прискорювачів	6
6	Особливості побудови ядерних реакторів	6
7	Проблеми керованого термоядерного синтезу.	6
8	Спіни і просторова парність ядер в моделі оболонок.	6
9	Випромінювання Вавілова-Черенкова	6
10	Ефект Месбауера	6
	Разом	60

## **Організація самостійної і індивідуальної роботи студентів**

Самостійна робота є складовою частиною вивчення дисципліни. Вона організовується згідно графіка самостійної роботи студентів, де вказується зміст самостійної роботи, форма контролю.

Самостійна робота студентів при вивченню дисципліни організовується на лекціях та практичних заняттях. Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторному практикумі де наявне повне методичне забезпечення курсу.

При самостійній роботі над лекційним курсом рекомендується використати записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. Для зручності використання навчальних посібників студенти повністю забезпечуються розширеною програмою з вказаними розділами і параграфами.

### **7. Методичне забезпечення**

1. Парлаг О.М., Парлаг О.О., Пилипченко В.А., Плекан Р.М. Фізпрактикум з Ядерної фізики. Навчально-методичний посібник, Ужгород 2013, 141 с.

### **8. Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Грищук А.М., Корнійчук П.П. – Конспект лекцій та практичних завдань із «Фізики ядра та елементарних частинок» для спеціальності «104 Фізика та астрономія». – Житомир: ЖДУ, 2023. – 115с.
2. Мирончук Г.Л., Кевшин А. Г. Фізика ядра і елементарних частинок: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Луцьк : Волин. нац. ун-т. ім. Лесі Українки, 2022. – 43 с.
3. Білінський Ігор. Теорія ядра та процеси в ньому. Фізика атомного ядра: Навчальний посібник. – Дрогобич : Видавничий відділ ДДПУ ім. І. Франка, 2021. – 75 с.
4. Мирончук Г.Л., Кевшин А. Г., Галян В.В. Фізика ядра і елементарних частинок : задачі. Луцьк : Вежа-Друк, 2022. 28 с.
5. Булавін Л. А., Тартаковський В. К. Ядерна фізика. – К.: Знання, 2005. – 439 с.

#### **Допоміжна**

1. Плюйко В. А. Основи теорії ядра та ядерних процесів. Фізика атомного ядра. – К.: ВПЦ, "Київ. ун-т", 2002.
2. Каденко І. М., Плюйко В.А. К13 Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К.-2019. – 467 с.
3. Ситенко О.І., Тартаковський В.К. Теорія ядра: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2000.- 607 с.

## **Інформаційні ресурси в мережі Інтернет**

1. Bibliographical (CINDA), Evaluated (ENDF format) and experimental nuclear data (EXFOR format) <https://www.oecd-nea.org/janis/>
2. Nuclear Data Service of International Atomic Energy Agency <https://www-nds.iaea.org/>

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ІСПИТ  
З КУРСУ «ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК»**

1. Маса ядра. Енергія зв'язку ядра.
2. Методи вимірювання маси ядра.
3. Дослід Резерфорда. Радіус ядра.
4. Методи вимірювання радіуса ядра.
5. Спін та магнітний момент ядер. Методи вимірювання.
6. Потенціал нуклон-нуклонної взаємодії.
7. Крапельна модель ядра.
8. Модель незалежних частинок. Ядерний фермі-газ.
9. Модель ядерних оболонок. Магічні числа.
10. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду.
11.  $\alpha$ -розпад ядер. Енергія  $\alpha$ -розпаду і енергія віддачі ядра.
12. Види  $\beta$ -розпаду. Характер спектру  $\beta$ -розпаду і гіпотеза нейтрино.
13. Гіпотеза нейтрино. Маса нейтрино. Спін нейтрино.
14. Незбереження просторової та зарядової парності в  $\beta$ -розпаді. Дослід Ву.
15.  $\gamma$ -розпад ядра. Енергія  $\gamma$ -розпаду і енергія віддачі ядра.
16. Імовірність  $\gamma$ -переходу та правила відбору.
17. Внутрішня конверсія електронів. Ядерна ізомерія.
18. Ефект Мессбауера і його фізична природа. Застосування в ядерній і загальній фізиці.
19. Взаємодія важких заряджених частинок з речовиною. Формула Бора іонізаційних втрат.
20. Ефект Черенкова. Черенковські детектори.
21. Перехідне випромінювання.
22. Особливості енергетичних втрат електронів при проходженні через речовину.
23. Радіаційні втрати електронів при проходженні через речовину.
24. Синхротронне випромінювання.
25. Взаємодія  $\gamma$ -випромінювання з речовиною. Фотоефект.
26. Взаємодія  $\gamma$ -випромінювання з речовиною. Ефект Комптона.
27. Взаємодія  $\gamma$ -випромінювання з речовиною. Утворення електрон-позитронних пар.
28. Взаємодія нейтронів з речовиною.
29. Детектори ядерного випромінювання.
30. Ядерні реакції. Енергія реакції. Закони збереження в ядерних реакціях. Поріг реакції.

31. Кінематика ядерних реакцій.
32. Реакції розпаду.
33. Реакції пружнього і непружнього розсіяння.
34. Ефективний переріз ядерної реакції.
35. Реакції під дією  $\gamma$ -квантів.
36. Реакції під дією нейтронів.
37. Властивості нейтронів і методи їх отримання.
38. Реакції поділу ядер. Спонтанний поділ ядер.
39. Термоядерні реакції.
40. Фізичні основи ядерної енергетики.
41. Види елементарних взаємодій і частинки, що приймають в них участь.
42. Класифікація елементарних частинок.
43. Сильна взаємодія гадронів.
44. Дивні частинки. Історія відкриття. Квантове число дивності.
45. Кваркова модель гадронів. Колір кварків. Невилітання кварків.
46. Сильна взаємодія кварків. Глюони.
47. Електромагнітна взаємодія. Переносник взаємодії та його характеристики.
48. Векторні бозони як переносники слабкої взаємодії.
49. Електрослабка взаємодія. Модель Вайнберга-Салама. Бозон Гігса.
50. Три покоління лептонів. Закон збереження лептонних чисел.

**ПИТАННЯ ДО ТЕСТУ Б**  
**З КУРСУ «ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК»**

1. Вкажіть чисельне значення маси електрона.
2. Вкажіть чисельне значення маси протона.
3. Вкажіть чисельне значення маси нейтрона.
4. Вкажіть чисельне значення маси гамма кванта.
5. Вкажіть чисельне значення маси мюона.
6. Вкажіть чисельне значення швидкості світла.
7. Вкажіть чисельне значення елементарного заряду.
8. Вкажіть чисельне значення числа Авогадро.
9. Вкажіть чисельне значення константи Планка.
10. Вкажіть чисельне значення константи Больцмана.
11. Вкажіть енергетичний еквівалент кімнатної температури.
12. Вкажіть чисельне значення енергії іонізації атома водню.
13. Вкажіть чисельне значення радіусу Бора.
14. Вкажіть чисельне значення енергії зв'язку дейтрону.
15. Дайте визначення енергії 1 еВ (електронвольт).
16. Які частинки називають бозонами?
17. Які частинки називають ферміонами?
18. Які частинки називають лептонами?
19. Які частинки називають баріонами?
20. Які частинки називають нуклонами?
21. Вкажіть чисельне значення спіну електрона.
22. Вкажіть чисельне значення спіну протона.
23. Вкажіть чисельне значення спіну нейтрона.
24. Вкажіть чисельне значення спіну гамма кванта.
25. Вкажіть чисельне значення спіну піона.
26. Як зв'язані енергія і імпульс частинки в нерелятивістському випадку?
27. Як зв'язані енергія і імпульс частинки у релятивістському випадку?
28. Як зв'язані енергія і імпульс фотона?
29. Чому рівна довжина хвилі де-Бройля для частинки з імпульсом  $p$ ?
30. Чому рівна комптонівська довжина хвилі для частинки з масою  $m$ ?
31. Яку характеристику ядра дозволяє оцінити формула Вайцекера?
32. Запишіть принцип невизначеності Гейзенберга для енергії.
33. Запишіть принцип невизначеності Гейзенберга для імпульсу.
34. Запишіть формулу закону радіоактивного розпаду.
35. Запишіть формулу зв'язку магнітного моменту і спіну частинки.
36. Запишіть вираз потенціальної енергії для гравітаційної взаємодії.
37. Запишіть вираз потенціальної енергії для кулонівської взаємодії.
38. Запишіть вираз потенціальної енергії для сильної взаємодії.
39. Назвіть частинку переносника електромагнітної взаємодії.
40. Назвіть частинку переносника сильної взаємодії.

41. Вкажіть три закони збереження класичної механіки.
42. Вкажіть закон збереження в електриці.
43. Який закон збереження порушується в слабкій взаємодії?
44. Які нейтрони називають тепловими?
45. Які реакції називаються термоядерними?
46. Запишіть формулу реакції комптонівського ефекту.
47. Запишіть формулу реакції фотоефекту.
48. Запишіть формулу реакції утворення електрон-позитронних пар гамма квантом.
49. Запишіть формулу реакції іонізації атома протоном.
50. При яких умовах виникає черенковське випромінення.

### Результати перегляду

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

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

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

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

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

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

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

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