

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 15 «Фізика ядра і елементарних частинок»

Рівень вищої освіти	перший (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2022

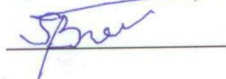
Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика ядра і елементарних частинок». – Одеса: ОНУ, 2022. – 19 с..

Розробник: Ніцук Юрій Андрійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії


Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри



Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрій НІЦУК

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК

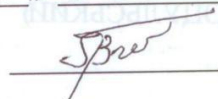


Наталя МАСЛІСЬВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «1» 09 2023 р.

Завідувач кафедри

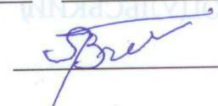


(Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «29» 08 2024 р.

Завідувач кафедри



(Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 5 годин – 150 змістовних модулів - 2	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Обов'язкова дисципліна
		Рік підготовки:
		3-й
		Семестр
		6-й
		Лекції
		36 год.
		Практичні, семінарські
		0 год.
		Лабораторні
		36 год.
		Самостійна робота
		78 год.
Форма підсумкового контролю: іспит		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, пов'язані з дослідженням об'єктів, процесів та явищ ядерної фізики та ядерної астрофізики, фізики елементарних частинок у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних теорій і методів фізики ядра і елементарних частинок.

Завдання:

- Ознайомити здобувачів першого рівня вищої освіти з будовою та властивостями стабільних і радіоактивних ядер, сучасними теоріями ядерних сил та фізики елементарних частинок,
 - Ознайомити з ефектами, що супроводжують взаємодію заряджених частинок і гамма квантів з речовиною, ядерні реакції синтезу та поділу,
- Сформувати в здобувачів першого рівня вищої освіти уміння проводити експериментальні дозиметричні дослідження з використанням слідових реєстраторів та лічильників, розв'язувати теоретичні задачі в області ядерної фізики та астрофізики. Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**.

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

К2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К4. Здатність бути критичним і самокритичним.

К5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові) компетентності:

К16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

К19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

К24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

К25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

К26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

К27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

К28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- сучасні ядерні моделі,
 - основні характеристики стабільних та радіоактивних ядер,
 - види радіоактивності та закони радіоактивного розпаду,
- механізми ядерних реакцій та закони зберігання в ядерних реакціях,
- особливості протікання реакцій поділу та синтезу,
 - умови виникнення ланцюгової реакції поділу та самопідтримної термоядерної реакції,
 - сучасну класифікацію елементарних частинок,
 - основні принципи кваркової будови адронів,
 - види взаємодії між елементарними частинками.

Вміти:

- визначати масу, заряд, енергію зв'язку, дефект мас, спін, магнітний та квадрупольний момент ядра,
- записувати рівняння радіоактивних розпадів та ядерних реакцій,
- визначати параметри радіоактивного розпаду – сталу розпаду, період розпаду, середній час, активність радіоактивного препарату, за допомогою лабораторного обладнання реєструвати продукти радіоактивних розпадів та їх характеристики,
- визначати характеристики приладів, що використовуються в ядерній фізиці,
- визначати типи космічного випромінювання, визначати основні характеристики ядерних реакцій (переріз, вихід, поріг, енергетичний вихід), класифікувати елементарні частинки їх динаміку та механізми взаємодії,
- здійснювати пошук навчальної, наукової та довідкової літератури та інформаційних ресурсів.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати,

систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

ПР23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.

3.Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1.

ВЛАСТИВОСТІ АТОМНИХ ЯДЕР ТА РАДІОАКТИВНІСТЬ

Тема 1. Вступ. Будова атомного ядра. Основні етапи розвитку фізики ядра та елементарних частинок. Масштаби явищ мікросвіту. Ядро як система взаємодіючих протонів та нейтронів. Заряд ядра. Масове число і маса ядра. Ядерна одиниця маси. Ізотопи, ізобари.

Тема 2. Енергія зв'язку ядра. Ядерні моделі. Енергія зв'язку ядра. Напівемпірична формула Вайцзеккера для енергії зв'язку ядра. Магічні числа. Краплинна і оболонкова моделі ядра. Колективна модель ядра. Узагальнена модель ядра.

Тема 3. Основні властивості атомного ядра. Спін та магнітний момент ядра. Ядерний магнетон. Квадрупольний електричний момент ядра. Визначення спіну ядра методом надтонкої структури та ядерного магнітного резонансу.

Тема 4. Закони радіоактивного розпаду. Статистичний характер розпаду. Закони радіоактивного розпаду. Розподіл Пуасона. Розподіл Гауса.

Тема 5. Альфа-розпад. Експериментальні особливості альфа-розпаду. Тонка структура альфа-спектру. Залежність періоду піврозпаду від енергії альфа-частинок. Механізм альфа-розпаду. Тунельний ефект.

Тема 6. Бета-розпад. Експериментальні особливості альфа-розпаду. Верхня границя β -спектру. Досліди Рейнеса і Коуена по виявленню нейтрино.

Тема 7. γ -випромінювання. Виникнення γ -випромінювання. Внутрішня конверсія електронів. Ефект Мьоссбауера.

Тема 8. Джерела та методи реєстрації заряджених частинок і γ -квантів
Принцип дії та будова лінійних та резонансних прискорювачів. Реєстрація заряджених частинок за допомогою реєстраторів треків. Лічильники частинок.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2

ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ. ФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК.

Тема 1. Ядерні реакції. Переріз ядерної реакції. Канали реакцій. Закони зберігання у ядерних реакціях. Механізми ядерних реакцій. Модель складеного ядра. Реакції прямої дії.

Тема 2. Взаємодія заряджених частинок і γ -квантів з речовиною.

Взаємодія важких заряджених частинок з речовиною. Іонізаційні втрати. Взаємодія легких заряджених частинок з речовиною. Взаємодія α - і β -частинок з речовиною.

Тема 3. Поділ ядер. Експериментальні дані про поділ. Елементарна теорія поділу. Параметр поділу. Спонтанний поділ. Поділ ізотопів урану під дією нейтронів. Ланцюгова ядерна реакція, коефіцієнт розмноження нейтронів, критична маса. Ядерні реактори та ядерна енергетика. Принципова схема ядерного реактора. Уранова бомба.

Тема 4. Синтез ядер. Синтез легких ядер. Ядерні реакції у зірках. Цикл Бете. Вуглецево-азотний цикл. Проблема керованого термоядерного синтезу, критерій Лоусона. Метод магнітного утримання плазми, магнітні пастки. Токамак. Інерційне утримання плазми, проблеми і перспективи.

Тема 5. Лептони і адрони. Поняття елементарної частинки. Лептони і адрони. Дивні частинки, асоціативне народження дивних частинок.

Дивність як квантове число. Поняття про ізотопічний мультиплет.
Формула Гел-Манна.

Тема 6. Космічне випромінювання. Відкриття космічного випромінювання. Первинне космічне випромінювання та його склад. Вторинне космічне випромінювання.

Тема 7. Кваркова будова адронів. Кварки. Кваркова модель адронів. Нова квантова характеристика кварків і глюонів – колір. Асимптотична свобода і конфайнмент. Вродливі та зачаровані частинки.

Тема 8. Взаємодія між елементарними частинками. Види взаємодії. Слабка взаємодія, універсальність слабкої взаємодії. Носії слабкої взаємодії – W^+ , W^- і Z^0 – бозони. Парність, не зберігання парності у слабкій взаємодії. Дискретні симетрії C,P,T і теорема CPT. Проблема побудови єдиної теорії електромагнітних та слабких взаємодій.

4. Структура навчальної дисципліни «Фізика ядра і елементарних частинок»

Назва тем	Кількість годин				
	Очна (денна) форма				
	Усього о	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Властивості атомних ядер та радіоактивність					
Тема 1. Вступ. Будова атомного ядра	4	2		-	
Тема 2. Енергія зв'язку ядра. Ядерні моделі	10	4		-	6
Тема 3. Основні властивості атомного ядра	8	2	-	2	4

Тема 4. Закони радіоактивного розпаду	12	2	-	6	4
Тема 5. Альфа-розпад.	12	2	-	2	8
Тема 6. Бета-розпад	14	2	-	4	8
Тема 7. Гама-випромінювання	8	2	-	-	2
Тема 8. Джерела та методи реєстрації заряджених частинок	18	2	-	8	8
Змістовний модуль 2. Ядерні реакції. Фізика елементарних частинок					
Тема 1. Ядерні реакції	4	2	-	-	2
Тема 2. Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною	20	2	-	8	10
Тема 3. Поділ ядер	6	2	-	-	4
Тема 4. Синтез ядер	6	2	-	-	4
Тема 5. Лептони і адрони	6	2	-	-	4
Тема 6. Кваркова будова адронів	6	2	-	-	4
Тема 7. Космічне випромінювання	8	2	-	2	4
Тема 8. Взаємодія між елементарними частинками	8	4	-	-	4
Усього годин	150	36	-	36	78

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

4. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Визначення енергії α -частинок за допомогою камери Вільсона	2
2.	Визначення пробігу α -частинок в повітрі методом сферичного конденсатора	2
3.	Визначення спіну ядра методом ЯМР	2
4.	Дослідження лічильної характеристики лічильника Гейгера-Мюллера	2
5.	Визначення мертвого часу лічильника Гейгера-Мюллера	4
6.	Визначення ефективності лічильника Гейгера-Мюллера при реєстрації γ -квантів.	2
7.	Визначення атомної гальмівної здатності алюмінію за допомогою люмінесцентного лічильника.	2
8.	Визначення активності β -джерела	2
9.	Визначення верхньої границі β -спектру	2
10.	Визначення коефіцієнтів поглинання γ -променів в залізі та алюмінії.	4
11.	Дозиметрія жорсткого γ -випромінювання.	2
12.	Дослідження радіоактивної забрудненості атмосферного повітря.	2
13.	Реєстрація нейтронів космічного випромінювання	2
14.	Дослідження флуктуацій радіоактивного розпаду.	2
15.	Спектроскопія β -джерела	4

8. Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Ядерні моделі.	3
2.	Застосування надтонкої структури для визначення спіну ядра.	3
3.	Застосування ЯМР в біології та медицині.	3
4.	Норми радіаційної безпеки України	4
5.	Біологічна дія радіоактивних випромінювань	4
6.	Джерела радіоактивного забруднення.	3
7.	Застосування ефекту Мессбауера в фізиці і техніці	4
8.	Методи прискорення заряджених частинок	3
9.	Отримання нових трансуранових елементів	3
10.	Причини та наслідки аварії на ЧАЕС	3
11.	Ядерні реакції в зірках	4
12.	Способи нагрівання плазми	4
13.	Проблема керованого термоядерного синтезу	4
14.	Античастинки	4
15.	Відкриття вродливих та зачарованих частинок	3
16.	Космічні промені. Їх склад	3
17.	Досліди, що підтверджують існування кварків. Асимптотична свобода	4
18.	Вродливі частинки. Зачаровані частинки	4
19.	Кварк-глюонна плазма	3
20.	Взаємодія між елементарними частинками. Носії взаємодії.	4
	Індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ): Доповідь та мультимедійна презентація за темами: 1. Досліди Рейнеса і Коуена з виявлення нейтрино.	8

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Застосування ефекту Мессбауера при дослідженнях фазових переходів другого роду. 3. Будова та принцип дії реактора на швидких нейтронах. 4. Дослідження первинних та вторинних космічних променів. 5. Визначення природи носіїв взаємодії між елементарними частинками 6. Досліди Ву з виявлення незберігання парності в слабких взаємодіях. 	
Разом		78

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт та індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою), за темою ІНДЗ робить презентацію та доповідь).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання 2 контрольних робіт за змістовними модулями, захисту індивідуального завдання. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне

опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист, розв'язання практичних задач. Підсумковий контроль - іспит.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів).

Критеріями оцінювання є: повнота представленої матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За виконання розрахунків та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 8 балів за кожну роботу. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 2 бали. За неповну відповідь, відповідь, що містить несуттєві помилки додається 1 бал. За неправильну відповідь, або її відсутність бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 15 балів. При виставленні підсумкової оцінки береться середня арифметична оцінка за всіма лабораторними роботами.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль (іспит) проводиться в усній формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 15 бальною шкалою.

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 15 балів;
 - повна, але не розгорнута відповідь – 12 балів;
 - повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
 - неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 8 балів,
- за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що здобувач отримав на іспиті, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче (п.12).

11. Питання для підготовки для поточного та підсумкового контролю.

1. Ядро як система взаємодіючих протонів та нейтронів.
2. Заряд ядра. Масове число та маса ядра. Ізотопи, ізобари.
3. Стабільні та радіоактивні ізотопи.
4. Енергія зв'язку ядра. Дефект маси. Питома енергія зв'язку.
5. Краплинна модель ядра. Напівемпірична формула Вайцзеккера.
6. Пояснення експериментальної залежності питомої енергії зв'язку від маси ядра.
7. Оболонкова модель ядра.
8. Спин ядра. Власний та орбітальний момент ядра.
9. Магнітний момент ядра. Ядерний магнетон.
10. Квадрупольний електричний момент ядра.
11. Визначення спини ядра методом надтонкої структури.
12. Визначення спина та магнітного моменту ядра методом ядерного магнітного резонансу. Метод Рабі.
13. Оболонкова модель ядра. Колективні моделі.
14. Радіоактивність.
15. Радіоактивні сімейства. Закон Гейгера – Неттола.
16. Закон радіоактивного розпаду. Стала розпаду, активність, період напіврозпаду.
17. Статистичний характер радіоактивного розпаду. Розподіл Пуасона. Розподіл Гауса.

18. α -розпад. Експериментальні особливості α -розпаду.
19. Механізм α -розпаду. Тунельний ефект.
20. β -розпад. Види β -розпаду.
21. Енергетичні спектри β -електронів. Гіпотеза нейтрино.
22. Гамма-випромінювання.
23. Внутрішня конверсія електронів.
24. Ядерна ізомерія.
25. Резонансне поглинання гамма-квантів. Ефект Месбауера
26. Трекові прилади (камера Вільсона, дифузійна камера, бульбашкова камера, фотоемульсії)
27. Лічильники частинок (люмінесцентний (сцинтиляційний) лічильник, напівпровідниковий лічильник, іонізаційна камера, газорозрядні лічильники).
28. Принцип дії та класифікація прискорювачів. Лінійний та циклічний прискорювачі.
29. Взаємодія α -частинок із речовиною.
30. Взаємодія β -частинок із речовиною.
31. Взаємодія γ -випромінювання з речовиною.
32. Ядерні реакції. Переріз ядерної реакції. Канали реакції.
33. Закони зберігання у ядерних реакціях.
34. Механізми ядерних реакцій. Модель складеного ядра. Реакція прямої дії.
35. Розподіл та синтез атомних ядер. Експериментальні дані про поділ
36. Елементарна теорія поділу. Параметр поділу.
37. Спонтанний поділ. Розподіл ізотопів урану під впливом нейтронів.
38. Ланцюгова ядерна реакція, коефіцієнт розмноження нейтронів, критична маса.
39. Ядерні реактори та ядерна енергетика.
40. Принципова схема ядерного реактора. Уранові бомби.
41. Синтез легких ядер. Ядерні реакції у зірках.
42. Дейтерій-тритієві реакції.

43. Умова виникнення самопідтримної термоядерної реакції. Критерій Лоусона.

44. Методи нагрівання плазми.

45. Проблема магнітного утримання плазми.

46. Елементарні частинки. Лептони. Закон збереження лептонного заряду.

47. Адрони. Мезони та баріони. Гіперони.

48. Космічні промені. Первинне та вторинне космічне випромінювання.

49. Античастинки. Антиречовина.

50. Дивні частки, асоціативне народження дивних частинок.

51. Дивність як квантове число.

52. Поняття про ізотопічний мультиплет.

53. Кварки. Кваркова модель адронів.

54. Зачаровані частки. Вродливі частинки.

55. Квантова характеристика кварків та глюонів – колір.

56. Асимптотична свобода та конфайнмент.

57. Види взаємодій між елементарними частинками та його носії.

58. Парність. Досліди щодо виявлення незберігання парності у слабких взаємодіях. С-, Р-, Т- інверсії.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання									Підсумковий контроль (Іспит)	Сума балів				
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях									Контрольна робота	Індивідуальні завдання	Виконання і захист лабораторних робіт	Разом		
Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	2	15			

Змістовний модуль 2											70	30	100
Поточний контроль													
на лекціях													
Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т						
1	2	3	4	5	6	7	8						
1	1	1	1	1	1	1	1	10	2	15			

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою		
	Оцінка ECTS	для для екзамену, курсового проекту (роботу), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок виконання лабораторної роботи, інструкції до приладів:
<http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>,
<http://phys.onu.edu.ua/uk/robochi-prohramy-navchalnykh-dystsyplin>
<http://lib.onu.edu.ua>

14. Рекомендована література

Основна

1. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика : підручник. Одеса : Астропринт, 2012. 194с.
2. Каденко І.М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. Київ :ВПЦ „Київський університет”, 2008. 414с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика: підручник. Київ : Техніка, 1999, 520 с.
4. Вальтер А.К., Залюбовський І.І. Ядерна фізика: підручник. Харків: Видавництво Харківського ун-ту, 1991. 480 с.
5. Булавін Л.А, Тартаковський В.К. Ядерна фізика: підручник. Київ: Либідь, 2005, 480 с.

Додаткова

1. Ситенко О.Г., Тартаковський В.К. Теорія ядра: підручник. Київ: Либідь, 2001, 608 с.
2. Вакарчук І.О. Квантова механіка: підручник. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007, 784 с.
3. Фізика ядра та елементарних частинок/ Гришук А.М., Корнійчук П.П. – Житомир: ЖДУ, 2023. – 115с.
4. Білинський І. Теорія ядра та процеси в ньому. Фізика атомного ядра: Навчальний посібник. – Дрогобич : Видавничий відділ ДДПУ ім. І. Франка, 2021. – 75 с.
5. Фізика атома й атомного ядра : зб. задач / М. В. Ушкац; за ред. М. В. Ушкаця, С. С. Ковалю. - Миколаїв : НУК, 2007. - 32

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua>
2. <http://phys.onu.edu.ua>
3. <http://surl.li/efxuq>
4. <https://www.sciencedirect.com/journal/nuclear-physics-a/vol/1017/suppl/C>
(безкоштовне завантаження статей з домену onu.edu.ua)