


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної фізики
Відділення фізики ядра і елементарних частинок**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

 /Лазур В.Ю./

«30» 06 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС)
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК»**

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Предметна спеціальність (Спеціалізація) (за наявності)	
Освітня програма	Фізика та астрономія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 104 Фізика та астрономія.

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


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол № 11 від. "23" 06 2022 р.

Завідувач кафедри  Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 10 від. "30" 06 2022 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

© Гайсак І.І., 2022 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет, 2022 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:
Загальна кількість годин - 90	3-й
Кількість модулів - 4	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 3	6-й
	Лекції
	18
	Практичні, семінарські
	10
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні
	16
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота
	46

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Фізика ядра і елементарних частинок» належить до обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми «Фізика та астрономія». Навчальним планом передбачено лекції, практичні заняття та лабораторні роботи.

Метою лекційного курсу навчальної дисципліни «Фізика ядра і 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:

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	K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. K07. Навички здійснення безпечної діяльності. K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
Спеціальні (фахові) компетентності	K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень. K21. Здатність моделювати фізичні системи та

	<p>астрономічні явища і процеси.</p> <p>K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.</p> <p>K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.</p> <p>K29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.</p>
--	---

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумови вивчення навчальної дисципліни «Фізика ядра і 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 5	Механіка з елементами теорії відносності
ОК 6	Термодинаміка і молекулярна фізика
ОК 7	Електрика і магнетизм
ОК 9	Атомна фізика
ОК 11	Фізичний практикум
ОК 12	Математичний аналіз

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

Програмні результати навчання	<p>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.</p> <p>ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи</p>
--------------------------------------	--

	<p>фізики: аналізувати, описувати, лумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.</p> <p>ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.</p> <p>ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії</p> <p>ПР14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.</p> <p>ПР15. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини.</p>
--	--

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

<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>ПР01. Здобувач має знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, 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 астрономії.</p> <p>ПР03. Здобувач має знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій, зокрема в галузі ядерної фізики.</p> <p>ПР05. Здобувач має знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії, у тому числі в галузі ядерної фізики та елементарних часток.</p> <p>ПР06. Здобувач має бути здатним оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії, зокрема ядерної фізики.</p>
---	--

	<p>ПР14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, зокрема радіоактивними, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини (радіація електромагнітне опромінення).</p> <p>ПР15. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини, зокрема радіаційного забруднення та іонізуючого випромінювання.</p>
--	--

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Фізика ядра і фізика елементарних частинок» є екзамен.

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: екзамен.

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

Поточне оцінювання			Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	50	100
10	20	20		

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

Поточне оцінювання		Модульна КР	Сума
T4	T5	60	100
20	20		

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

Поточне оцінювання		Модульна КР	Сума
T6	T7,8	60	100
20	20		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 4)

Поточне оцінювання		Модульна КР	Сума
T9	T10,11	60	100
20	20		

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, контрольні, самостійне вивчення, колоквиуми, підсумковий екзамен) з курсу становить 100 балів.

3. За кожен 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. Викладачі можуть 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 загальна 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 в першому семестрі 2-го курсу за різнобічну діяльність в опануванні курсом «Фізика ядра і елементарних частинок», яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

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

Шкала ЄКТС	Диференційована шкала	Недиференційована шкала	Мін.бал-макс.бал
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре		82-89
C			74-81
D			64-73
E	Задовільно		60-63
Fx	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F			0-34

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю з курсу «Фізика ядра і 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 екзамені 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 екзамені 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 екзамен 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. При цьому підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем і кількісно дорівнює сумі балів отриманих за кожен модуль з ваговим коефіцієнтом 0,2 та врахування оцінки НДРС (макс.10 б.) та реферату за шкільний курс фізики (макс.10 б.). Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи екзамен.

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. Альфа розпад. Енергія альфа розпаду. 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 5. Бета розпад. Слабка взаємодія. Енергія бета розпаду. β^- і β^+ -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. Моделі субатомних частинок

Тема 6. Моделі атомних ядер. Фізичне обґрунтування оболонкової структури ядра. Потенціал усередненого ядерного поля. Сильна спін-орбітальна взаємодія. Одночастинкові стани в усередненому ядерному потенціалі. Пояснення спінів і парностей станів ядер в моделі оболонок. Поняття про багаточастинкову модель оболонок. Колективні властивості ядер. Обертальні і коливальні стани ядер. Деформовані ядра.

Тема 7. Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною. Втрати енергії на іонізацію і збудження атомів. Формула Бора. Пробіги заряджених частинок. Випромінювання Вавілова-Черенкова. Взаємодія нейтронів з речовиною. Проходження гамма-випромінювання через речовину. Залежність ефективного перерізу взаємодії гамма-квантів з речовиною від енергії гамма квантів.

Тема 8. Загальні властивості елементарних частинок. Основи релятивістської квантової механіки як теорії елементарних частинок. Класифікація елементарних частинок. Лептони, адрони, калібровні бозони. Частинки, античастинки. Закони збереження. Механізми взаємодії в світі частинок. Діаграма Феймана. Класифікація взаємодій.

Змістовий модуль 4. Фундаментальні взаємодії частинок

Тема 9. Сильна взаємодія та структура адронів. Основні процеси з участю адронів. Кварки і глюони, їх основні характеристики. Процеси глибоко непружного розсіювання лептонів і проявлення кварк-глюонної структури адронів. Мезони і баріони. Колір -квантова характеристика кварків. Асимптотична вільність.

Тема 10. Слабка взаємодія. Універсальність слабкої взаємодії. Носії слабких взаємодій. Проміжкові бозони. Поняття про польову теорію слабких взаємодій – моделі Вайнберга-Салама. Основні типи перетворень елементарних частинок, викликаних слабкою взаємодією. Проблема побудови теорії електрослабкої взаємодії і гіпотези великого об'єднання.

Тема 11. Космічні промені. Первинне космічне випромінювання. Проходження космічного випромінювання через атмосферу. Радіаційні пояси Землі. Первинне космічне випромінювання. Гіпотези походження космічних променів. Сучасні проблеми теорії ядра.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		Практичні заняття	Лабораторні роботи	Інд. р. студента	Самост. р. студента	
3 курс, 6 семестр						
Модуль 1. Властивості атомних ядер і ядерних сил.						
Тема 1. Предмет і структура курсу.	5	1		4		
Тема 2. Основні характеристики ядер.	9	2	2			5
Тема 3. Властивості ядерних сил	8	1	2			5
Разом за модуль	22	4	4	4		10
Модуль 2. Радіоактивний розпад.						
Тема 4. Закон радіоактивного розпаду	14	2	2	4		6
Тема 5. Бета розпад	8	2				6
Разом за модуль	22	4	2	4		12
Модуль 3. Ядерні реакції.						
Тема 6. Моделі атомних ядер.	6	2				4
Тема 7. Взаємодія випромінення з речовиною.	12	2	2	4		4
Тема 8. Загальні властивості елементарних частинок.	6	2				4
Разом за модуль	24	6	2	4		12
Модуль 4. Застосування ядерних методів.						
Тема 9. Сильна взаємодія.	10	2	2	2		4
Тема 10. Слабка взаємодія.	7	1		2		4
Тема 11. Космічні промені.	5	1				4
Разом за модуль	22	4	2	4		12
Разом за курс	90	18	10	16		46

6.3 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Енергія зв'язку ядер.	2
2	Кінематика ядерних реакцій.	1
3	Закони збереження.	1
4	Іонізаційні втрати заряджених частинок в речовині.	1

5	Рух заряджених частинок в магнітному та електричному полі.	1
6	Енергетичний баланс атомних електростанцій.	2
7	Кваркова модель гадронів.	2
	Разом	10

6.4 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Статистика реєстрації ядерних випромінювань	2
2	Газорозрядний лічильник Гейгера-Мюллера.	2
3	Визначення максимальної енергії β -частинок.	2
4	Визначення енергії уламків поділу ядра.	2
5	Визначення коефіцієнту послаблення гамма випромінювання при проходженні через речовину.	2
6	Вивчення схеми розпаду ядра методом збігів	2
7	Дослідження альфа-розпаду.	2
8	Вимірювання часу життя мюонів	2
	Разом	16

6.5 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Статистика реєстрації ядерних випромінювань.	4
2	Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною.	4
3	Електричний квадрупольний момент ядра.	5
4	Фізичні принципи роботи циклічних прискорювачів	5
5	Особливості побудови ядерних реакторів	5
6	Проблеми керованого термоядерного синтезу.	5
7	Спіни і просторова парність станів ядер в моделі оболонки.	4
8	Випромінювання Вавілова-Черенкова	5
9	Ефект Месбауера	5
10	Проблема маси нейтрино	4
	Разом	46

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. Засоби навчання

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, персональний комп'ютер. Дистанційна платформа Moodle.

Програмні продукти Excel, Mathematica.

Демонстраційні відео із Youtube.

8. Рекомендована література

Базова

1. Вальтер А.К., Залюбовский И.И. Ядерная физика. - Х.: Основа, 1991.- 480 с.
2. Альперін М.М., Манакін Л.О. Фізика ядра та елементарних частинок. – К.: Вища школа, 1979.- 152 с.
3. Каденко І.М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок: підручник для студентів фізичних факультетів. – К.: Київський університет, 2008. -414 с
4. Парлаг О.М., Парлаг О.О., Пилипченко В.А. Плекан Р.М. Фізпрактикум з ядерної фізики. Навчально-методичний посібник. -Ужгород: УжНУ,2013.-141с.

Допоміжна

1. Ситенко О.І., Тартаковський В.К. Теорія ядра: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2000.- 607 с.
2. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика. Підручник. – К.: Знання, 2005. -439 с.
3. K.S. Krane Introductory Nuclear Physics. Oregon State University, 1988. -858 p.
4. Методичні вказівки до лабораторних робіт практикуму з фізики атомного ядра і елементарних частинок. - Ч. 1. –Ужгород: КЯФ УжНУ, 1988.– 112 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт практикуму з фізики атомного ядра і елементарних частинок. Ч.2. –Ужгород: КЯФ УжНУ, 1989.– 122 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Методичні матеріали відділення фізики ядра УжНУ: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://hki.at.ua/load/jaderna_fizika/
2. Carl R. Nave, Georgia State University: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>