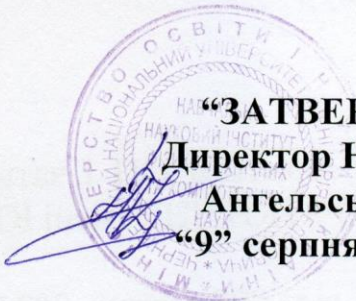


Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук
Кафедра електроніки і енергетики

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**
Директор ННІФТКН
Ангельський О.В.
“9” серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Фізика ядра і елементарних частинок

обов'язкова

Освітньо-професійна програма “Фізика та астрономія”, “Прикладна фізика та наноматеріали”

Спеціальність 104 “Фізика та астрономія”, 105 ”Прикладна фізика та наноматеріали”

Галузь знань 10 “Природничі науки”

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

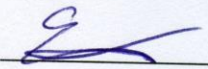
Мова навчання українська

Чернівці 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни “Фізика ядра і елементарних частинок” складена відповідно до вимог освітньо-професійних програм “Фізика і астрономія” (спеціальність 104 “Фізика і астрономія”), “Прикладна фізика і наноматеріали” (спеціальність 105 “Прикладна фізика і наноматеріали”), галузь знань 10 “Природничі науки, затверджених Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 6 від «06» липня 2017 року).

Погоджено за гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри електроніки і енергетики ННІФТКН ЧНУ імені Юрія Федьковича

Протокол № 1 від “9” серпня 2024 року

Завідувач кафедри  Майструк Е.В.

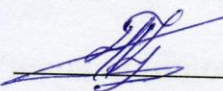
Схвалено методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від “9” серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН  Козарський І.П.

Погоджено з методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від “9” серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН  Козарський І.П.

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни: Метою вивчення даної навчальної дисципліни є формування у студентів професійних знань стосовно структури, моделей і властивостей атомних ядер, закономірностей радіоактивного розпаду, різновидностей ядерних реакцій та їх практичного застосування, фізичних процесів та закономірностей взаємодії ядерного випромінювання з речовиною, сучасних експериментальних методик у фізиці високих енергій, класифікації та характеристик елементарних частинок, специфіки взаємодії між елементарними частинками, взаємозв'язку між мікросвітом і Всесвітом.

Пререквізити: Засвоєння матеріалу навчальної дисципліни передбачає вивчення дисциплін вищої математики та циклу дисциплін загальної фізики: “Механіка”, “Молекулярна фізика”, “Електрика і магнетизм”, “Оптика” та “Фізика атома і атомних явищ”.

Постреквізити: Отримані знання застосовуються для проходження практик, написання курсових робіт та при складанні комплексного атестаційного екзамену із дисциплін професійної підготовки.

Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- фізичну суть процесів, які відбуваються за участю атомних ядер та елементарних частинок;
- фізичний зміст понять енергії зв'язку та дефекту маси ядра, спіну та парності ядра;
- класифікацію атомів та атомних ядер за їхніми статичними властивостями і характеристиками радіоактивного розпаду;
- основні фізичні явища, які супроводжують радіоактивні розпади та взаємодію ядерного випромінювання з речовиною;
- основний закон радіоактивного розпаду, стан вікової рівноваги, фізичний зміст сталої розпаду, часу життя та періоду напіврозпаду;
- основні дозиметричні одиниці та співвідношення між ними, гранично допустимі дози та потужності доз;
- основні фізичні принципи поділу важких ядер та синтезу легких ядер.

вміти:

- характеризувати ядерні стани за їхніми основними параметрами і характеристиками;
- характеризувати різні радіоактивні процеси, розраховувати сталу розпаду, період напіврозпаду та активність радіоактивних ізотопів;
- визначати активність радіоактивних препаратів та розраховувати похибки вимірюваних величин;
- розраховувати різні параметри та характеристики радіоактивних процесів;
- розраховувати поріг реакцій за участю елементарних частинок, визначати квантові числа частинок, що беруть участь в ядерній реакції та можливість протікання реакції за їх участю;

- вимірювати потужність експозиційної дози випромінювання різними приладами, визначати допустимий час перебування людини у відомому полі радіоактивного випромінювання;
- самостійно користуватися сучасною технічною і довідковою літературою для обґрунтування впливу ядерного випромінювання на навколишнє середовище;
- використовувати сучасну техніку та методiku проведення досліджень ядра.

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

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні;

ЗК9. Здатність працювати автономно.

Фахові компетентності:

ФК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів;

ФК6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

Програмні результати навчання:

РН1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики;

РН2. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів;

РН3. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики;

РН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій;

РН5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики;

РН10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проектів;

РН12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

Загальна інформація про розподіл годин

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	Годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	3	6	5	150	45	15		30	60		екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Теми навчальних занять	Змістовий модуль 1. Статичні властивості атомних ядер, закономірності їхнього радіоактивного перетворення та основні ядерні моделі					
Тема 1. Вступ до фізики ядра і елементарних частинок	7	3				4
Тема 2. Основні характеристики ядер	14	6	2			6
Тема 3. Властивості ядерних сил і ядерні моделі	14	4	2			8
Тема 4. Радіоактивність та її основні закономірності	22	4	2	8		8
Тема 5. Характеристики α -, β - та γ -розпаду	27	8	3	8		8
Разом за ЗМ1	84	25	9	16		34
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Ядерні реакції, взаємодія ядерного випромінювання з речовиною та основні характеристики елементарних частинок					
Тема 6. Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною	24	6	2	10		6
Тема 7. Ядерні реакції і закони збереження.	18	8	2			8
Тема 8. Класифікація та	24	6	2	4		12

основні характеристики елементарних частинок						
Разом за ЗМ 2	66	20	6	14		26
Усього годин	150	30	15	30		60

Тематика лекційних занять з переліком питань

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Тема 1. Вступ до фізики ядра і елементарних частинок.</i> 1. Предмет фізики ядра. 2. Основні етапи розвитку ядерної фізики. 3. Масштаби фізичних величин в ядерній фізиці. 4. Склад атомного ядра. $N-Z$ діаграма.	3
2	<i>Тема 2. Основні характеристики ядер.</i> 1. Маса та енергія зв'язку ядра. 2. Залежність питомої енергії зв'язку від масового числа. 3. Розмір ядра та розподіл густини маси ядра. 4. Спін нуклонів та ядер. 5. Магнітний момент нуклонів і ядер. 6. Методи визначення спінів і магнітних моментів ядер. Надтонка структура атомних спектрів. 7. Ядерний магнітний резонанс. 8. Дипольний та квадрупольний моменти ядра. 9. Парність ядра.	6
3	<i>Тема 3. Властивості ядерних сил і ядерні моделі.</i> 1. Ядерні сили та їх властивості. 2. Краплинна модель. Формула Вайцзеккера. 3. Модель оболонок. 4. Визначення спіну та парності ядра в моделі оболонок. 5. Експериментальне визначення періоду напіврозпаду.	4
4	<i>Тема 4. Радіоактивність та її основні закономірності.</i> 1. Явище радіоактивності та основні типи радіоактивності. 2. Основний закон радіоактивного розпаду. 3. Складний радіоактивний розпад. 4. Стан вікової рівноваги. 5. Формування радіоактивних рядів. 6. Експериментальне визначення періоду напіврозпаду.	4
5	<i>Тема 5. Характеристики α-, β- та γ-розпаду.</i> 1. Енергетичний спектр α-розпаду. Тонка структура спектру. 2. Закон Гейзера-Неттола. 3. Елементарна теорія α-розпаду. 4. Типи β-розпадів. 5. Протонно та нейтронно надлишкові β-радіоактивні ізотопи. 6. Енергетичний спектр β-розпаду. Властивості нейтрино. 7. Елементи теорії β-розпаду 8. Правила відбору та імовірність γ-переходів.. Ядерна ізомерія 9. Внутрішня конверсія електронів 10. Ядерне резонансне поглинання γ-квантів (ефект Мессбауера)	8

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
6	<i>Тема 6. Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною.</i> 1. Взаємодія важких заряджених частинок. 2. Взаємодія легких заряджених частинок. 3. Взаємодія γ-випромінювання з речовиною. Ефект Комптона. 4. Закон послаблення інтенсивності випромінювання при проходженні через речовину. 5. Дозиметрія ядерного випромінювання. 6. Методи реєстрації ядерного випромінювання. 7. Прискорювачі елементарних частинок.	6
7	<i>Тема 7. Ядерні реакції і закони збереження.</i> 1. Основні визначення та характеристики. 2. Класифікація ядерних реакцій. 3. Ефективний переріз ядерних реакцій. 4. Закони збереження в ядерних реакціях. 5. Поріг ядерної реакції. 6. Основні Механізми ядерних реакцій. 7. Реакція поділу атомних ядер. 8. Ланцюгова реакція поділу. Можливість використання ядерної енергії. Атомні реактори. 9. Реакції синтезу атомних ядер. Термоядерні реакції. 10. Критерій Лоусона. Проблема здійснення керованих термоядерних реакцій.	8
8	<i>Тема 8. Класифікація та основні характеристики елементарних частинок.</i> 1. Класифікація елементарних частинок. 2. Квантові числа елементарних частинок. 3. Основні властивості лептонів. 4. Основні властивості адронів. Мезони і баріони. 5. Ізотопічні мультиплети адронів 6. Кваркова модель адронів. 7. Частинки і античастинки. 7. Фундаментальні взаємодії. Носії взаємодій.	6

Контроль виконання завдань, винесених на підготовку до лекційних занять та опрацювання лекційного матеріалу проводиться в рамках модульного контролю та наявністю конспектів студентів.

Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Тематика практичних занять з переліком питань

№	Назва теми	Кіль-ть годин
1	<i>Основні властивості ядер.</i> 1. Розрахунок енергії зв'язку ядра. 2. Розрахунок енергії відокремлення протона та нейтрона. 3. Розрахунок спіну та парності ядра.	2
2	Основні закономірності радіоактивного розпаду. 1. Основний закон радіоактивного розпаду. 2. Складний закон радіоактивного розпаду. Вікова рівновага.	2
3	<i>Властивості α- і β-розпаду.</i>	2

	1. Визначення кінетичної енергії дочірнього ядра при α -розпаді. 2. Тонка структура α -спектрів. 3. Типи β -розпадів. 4. Визначення кінетичної енергії β -частинок.	
4	<i>Основні закономірності γ-розпаду.</i> 1. Правила відбору у γ -розпаді. 2. Визначення ймовірності γ -переходів.	2
5	<i>Ядерні моделі.</i> 1. Розрахунок енергії зв'язку ядра та енергії відокремлення протона і нейтрона в краплинній моделі. 2. Визначення спіну та парності ядра в моделі оболонок.	1
6	<i>Ядерні реакції.</i> 1. Визначення порогу ядерних реакцій. 2. Кінематика ядерних реакцій. 3. Розрахунок перерізу ядерних реакцій.	2
7	<i>Взаємодія заряджених частинок та γ-квантів з речовиною.</i> 1. Розрахунок характеристик взаємодії важких і легких заряджених частинок із середовищем. 2. Розрахунок товщини послаблення інтенсивності пучка γ -випромінювання в середовищі.	1
8	<i>Дозиметрія ядерного випромінювання.</i> 1. Розрахунок потужності поглинутої та експозиційної дози точкового джерела. 2. Розрахунок захисту від γ -випромінювання.	1
9	<i>Основні властивості елементарних частинок.</i> 1. Перевірка законів збереження в реакціях за участю елементарних частинок. 2. Розрахунок порогових значень енергії в реакціях за участю елементарних частинок. 3. Визначення квантових чисел елементарних частинок у взаємодіях за їх участю.	2

Контроль виконання завдань, винесених на підготовку до лекційних занять та опрацювання лекційного матеріалу проводиться в рамках модульного контролю та наявністю конспектів студентів.

Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Тематика лабораторних занять з переліком питань

№	Назва теми	Кіль-ть годин
1	<i>Статистика радіоактивного розпаду.</i> 1. Визначення середнього значення інтенсивності, дисперсії і середньоквадратичної похибки ядерного випромінювання. 2. Побудова кривої Гауса на основі отриманої експериментально гістограми. 3. Визначення довірчого інтервалу для заданої довірчої ймовірності.	4
2	<i>Активність тонкого препарату та питома активність речовини.</i> 1. Визначення активності джерела методом безмежно тонкого препарату. 2. Визначення питомої активності речовини методом безмежно товстого препарату.	4

	3. Визначення активності джерела методом збігів.	
3	<i>Вивчення законів радіоактивного розпаду та експериментальне визначення періоду напіврозпаду довгоживучих і короткоживучих ізотопів.</i> 1. Розрахунок періоду напіврозпаду та сталої розпаду довгоживучого ізотопу за отриманою експериментально активністю джерела. 2. Визначення періоду напіврозпаду та сталої розпаду довгоживучих ізотопів методом спостережень за зміною інтенсивності з часом.	4
4	<i>Визначення енергії α-частинок методом поглинання.</i> 1. Побудова залежності інтенсивності потоку α-частинок від товщини поглинаючого шару повітря. 2. Визначення екстраполяційної довжини вільного пробігу. 3. Розрахунок енергії α-частинок.	2
5	<i>Експериментальне визначення максимальної енергії β-спектру методом поглинання.</i> 1. Побудова залежності інтенсивності потоку β-частинок від товщини поглинаючого шару алюмінію. 2. Визначення екстраполяційної довжини вільного пробігу. 3. Розрахунок енергії α-частинок за напівемпіричною формулою та методом номограм.	4
6	<i>Газорозрядні та сцинтиляційні лічильники ядерного випромінювання.</i> 1. Побудова воль-амперної та лічильної характеристики лічильника Гейзера. 2. Визначення інтервалу робочих напруг та нахилу плато лічильника. 3. Визначення характеристики сцинтиляційного лічильника.	2
7	<i>Вимірювання енергії γ-квантів методом поглинання.</i> 1. Побудова кривих послаблення потоку γ-частинок в свинці та алюмінію. 2. Визначення лінійного коефіцієнта послаблення та ефективного перерізу взаємодії. 3. Розрахунок енергії γ-випромінювання за емпіричною залежністю ефективного перерізу взаємодії від енергії.	2
8	<i>Захист від ядерного випромінювання.</i> 1. Вимірювання потужності експозиційної дози рентгенівського і γ-випромінювання. 2. Визначення допустимого часу перебування в точці вимірювання. 3. Визначення товщини свинцевого захисту для безпечної роботи з джерелом γ-випромінювання.	2
9	<i>Кутовий розподіл космічних променів.</i> 1. Вимірювання кутової залежності інтенсивності космічного випромінювання. 2. Визначення середнього значення енергії мюонів для земного спостерігача та розрахунок часу життя мюонів. 3. Визначення густини потоку космічних променів у точці спостереження.	4

Контроль виконання завдань, винесених на підготовку та виконання лабораторних занять, виконання необхідних розрахунків проводиться в рамках модульного контролю, переглядом звітів з виконання лабораторних робіт та самим захистом студентами лабораторних робіт.

Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Завдання для самостійної роботи студента

№	Назва теми	Кіль- ть годин
1	<i>Елементи теорії відносності.</i> Поняття про масу спокою частинок. Нерелятивістський та релятивістський випадок зв'язку між імпульсом та кінетичною енергією частинок.	10
2	<i>Квантовомеханічні властивості мікрочастинок.</i> Відображення прояву хвильових властивостей частинок. Хвилі де Бройля. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Інваріантність гамільтоніана і квантові числа	10
3	<i>Сильна та слабка взаємодії.</i> Порівняння сильної та слабкої взаємодії з іншими типами взаємодії. Область дії ядерних сил. Зарядова залежність ядерних взаємодій. Обмінний характер ядерних сил та їх залежність від спіну.	12
4	<i>Джерела і методи реєстрації ядерних частинок.</i> Основні типи прискорювачів частинок. Лінійні прискорювачі. Бетатрони, циклотрони та синхрофазотрони. Джерела нейтронних пучків. Детектори ядерного випромінювання.	12
5	<i>Основні проблеми термоядерного синтезу.</i> Синтез легких ядер та питома енергія зв'язку атомних ядер. Установки типу «Токамак». Лазерний термоядерний синтез. Міжнародна програма «ITER».	10
6	<i>Труднощі простої кваркової моделі.</i> Баріони та мезони як набори кольорових кварків. Квантова хромодинаміка. Експерименти, що підтверджують наявність кварків в адронах.	9
7	<i>Зв'язок мікросвіту з космосом.</i> Перші миттєвості Всесвіту. Великий вибух. Дозірковий синтез ядер. Ядерні реакції в зірках. Баріонна асиметрія.	12

Контроль виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання проводиться в рамках модульного контролю.

Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Методи навчання

Дисципліною передбачене проведення лекцій, практичних та лабораторних занять. Самостійна робота, пов'язана з опрацюванням матеріалів лекцій та літературних джерел за відповідною тематикою лабораторних та практичних робіт, супроводжується формуванням напрацювань для проведення розрахунків та підготовки звітів з практичних та лабораторних робіт.

Для досягнення освітньої мети й прогнозованих програмних результатів у дисципліні можуть використовуватись:

методи навчання:

лекції: пояснювально-ілюстративний метод, презентації;

робота з книгою: з навчально-методичною, науковою та нормативною літературою;

практичні заняття: репродуктивний метод, дослідницький метод;

лабораторні заняття: метод проблемного підходу, дослідницький метод;

самостійна робота: підготовка презентацій, рефератів, а також формуванням напрацювань для виконання і захисту лабораторних робіт.

Система контролю та оцінювання

Методи контролю

Методи та засоби оцінювання та демонстрування результатів навчання даної дисципліни наступні:

- модульні контрольні роботи з використанням стандартизованих тестів;
- презентації результатів виконаних завдань;
- захист лабораторних робіт.

У разі проведення навчального процесу та оцінювання у дистанційній формі використовуються засоби Moodle (у тому числі тестування; <https://moodle.chnu.edu.ua>).

Основними формами контролю самостійної роботи є:

- проведення екзамену;
- тестування;
- проведення модульних контрольних робіт;
- письмові чи усні опитування студентів;
- захист практичних завдань;
- захист лабораторних робіт.

Форми контролю

Даною дисципліною передбачені наступні форми поточного контролю:

- усне опитування (фронтальне, індивідуальне та комбіноване), захист лабораторних робіт, завдань практичного характеру, а також усні відповіді студентів;
- письмове опитування (модульні контрольні, тестування).

Форма підсумкового контролю – екзамен, залік.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

Критерієм успішного проходження студентом оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання даної дисципліни.

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом, виконання лабораторних завдань залежить від дотримання таких вимог:

- своєчасність виконання навчальних завдань;
- повний обсяг їх виконання;
- якість виконання навчальних завдань;
- самостійність виконання;
- творчий підхід у виконанні завдань.

Залежно від характеру відповіді студента зазначена кількість балів може бути скоригована за наступними критеріями:

К-ть балів	Критерії оцінки
max	студент дає вичерпну відповідь на поставлене запитання;
0,8 · max	студент при відповіді на поставлене запитання припустився незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді;
0,6 · max	студент при відповіді на поставлене запитання припустився помилок, які виправляє за допомогою викладача; в середньому може дати правильні відповіді на 50% питань теми;
0,4 · max	студент при відповіді на поставлене запитання припустився суттєвих помилок, які все ж таки виправляє за допомогою викладача; дає правильні відповіді на 30% питань теми;
0,2 · max	отримує студент, який за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання;
0	якщо характер відповідей дає підставу стверджувати, що студент неправильно зрозумів суть питання чи не знав правильної відповіді, а тому відповідав, припускаючись грубих помилок.

Критерії оцінки оформлення звіту про виконання практичної роботи

К-ть балів	Критерії оцінки
1	Студент підготував та належним чином оформив звіт до практичного заняття, провів всі необхідні розрахунки, і здав звіт викладачу.
1	Студент захистив практичну роботу (усне опитування).
Максимальна оцінка за практичну роботу 1+1=2 бали	

Критерії оцінки оформлення звіту про виконання лабораторної роботи

К-ть балів	Критерії оцінки
2	Студент виконав лабораторну роботу, провів всі розрахунки, акуратно оформив звіт з лабораторної роботи і здав звіт викладачу
1	Студент захистив роботу
Максимальна оцінка за лабораторну роботу 2+1=3 бали	

Також у загальну кількість оцінювання досягнень студентів входить і оцінювання самостійної роботи (екзамен; результати тестування; проведення модульних контрольних робіт; письмові чи усні опитування студентів; перевірка звітів та захист практичних завдань; перевірка звітів та захист лабораторних завдань), включених у відповідні теми змістових модулів відповідно до структури змісту навчальної дисципліни.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)								Кількість балів (екзамен)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2			40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T5	T7	T8		
2	6	8	10	10	12	6	8		

Таким чином, згідно шкали ЄТКС і розподілу балів за різні види діяльності загальна кількість балів, яку студент може отримати у процесі вивчення дисципліни: **Зміст. модуль 1 + Зміст. модуль 2 = 36 + 24 = 60 балів**

Підсумковий модуль (екзамен) – **40 балів.**

Всього за курс – **100 балів.**

Шкала оцінювання: національна та ЄТКС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

Критерії оцінювання результатів навчання

На екзамен зі 100 балів за весь курс “Фізика ядра і елементарних частинок” виділяється 40 балів. В екзаменаційному білеті є три теоретичні питання і одне практичне – задача. Максимальна оцінка за теоретичні питання і задачу – 10 балів. Повна відповідь на теоретичні питання, що включає в себе належне розуміння фізичних процесів, що відбуваються в атомних ядрах, здійснення всіх математичних викладок, необхідних для отримання кінцевого результату, наведення прикладів практичного застосування фізичних явищ, оцінюється в 8-10 балів. За в цілому правильне висвітлення питання з правильними результуючими виразами і формулами, але без математичних викладок чи без належного розуміння фізики процесів і явищ виставляється 5-7 балів (перше питання та

друге питання). За неповну, без достатньої аргументації та належної логіки викладу відповідь на питання виставляється 2-4 бали (перше та друге питання). За третє питання максимальна кількість балів (9-10 балів) виставляється, якщо хід розв'язування задачі та число, що є відповіддю задачі, отримані правильно. За в цілому правильний хід розв'язування задачі з незначними помилками, що не дозволили отримати правильну відповідь, виставляється 5-8 балів. За грубі помилки при розв'язуванні задачі, але правильно записані робочі вирази та формули виставляється 2-4 бали. Загальна оцінка за екзамен є сумою балів за кожне питанням.

Оцінку «А» («відмінно») заслуговує студент, який виявив всебічні, систематичні і глибокі знання, за повне висвітлення основних та додаткових програмових питань з даного курсу, студент який виявив здатність самостійно виконувати завдання, ознайомлений з основною і додатковою літературою.

Оцінку «В» («добре») ставлять студентів, який засвоїв навчальний матеріал у повному обсязі, успішно виконав передбачені програмою завдання, опрацював основну літературу, тобто студентів, який засвідчив систематичний характер знань і здатний до їх самостійного поповнення.

Оцінка «С» («добре») ставиться за порівняно повне й методологічно в цілому правильне висвітлення основних і додаткових питань з даного курсу, належну аргументацію відповідей прикладами, вмінням зробити основні висновки.

Оцінки «D» («задовільно») заслуговує студент, який виявив знання основного навчального матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання і майбутньої роботи за професією.

Оцінка «Е» («задовільно») ставиться за відповіді, які хоч і свідчать про деяке знання студентами програмового матеріалу (в межах 50%), але є неповними, поверховими, без достатньої аргументації та належної логіки викладу.

Оцінку «FX» («незадовільно») ставлять студентів, у знаннях якого є прогалини, який припустився принципових помилок у виконанні передбачених програмою завдань.

Оцінка «F» («незадовільно») ставиться за відповіді неправильні або надто приблизні, в яких не висвітлюється суть питань, не простежується логіка викладу, тобто студентів, який неспроможний продовжити навчання чи приступити до професійної діяльності після закінчення вищого навчального закладу без додаткових занять з даної дисципліни.

Перелік питань для самоконтролю й контролю навчальних досягнень студентів з навчальної дисципліни

1. Питання поточного контролю

До змістового модуля 1

1. Класична модель атома Томсона.
2. Схема дослідів Резерфорда. Планетарна модель атома Резерфорда
3. Протон-нейтронна модель атомного ядра.

4. Порівняльні характеристики протона, нейтрона та електрона.
5. Різновидності атомних ядер (ізотопи, ізобари, ізотони).
6. Опишіть N-Z діаграму атомних ядер.
7. Способи визначення розмірів ядра.
8. Розподіл густини ядерної матерії та розподіл заряду в ядрі.
9. Метод мас-спектрометрії для визначення маси ядра.
10. Одиниці вимірювання маси атомних ядер.
11. Енергія зв'язку ядра та дефект мас ядер.
12. Дайте пояснення залежності питомої енергії зв'язку ядра від масового числа.
13. Енергетична діаграма ядерних рівнів.
14. Спін ядра як сума спінових та орбітальних моментів нуклонів.
15. Класичні статичні електромагнітні моменти атомних ядер.
16. Квантово-механічні моменти атомних ядер.
17. Поняття про ядерний магнетон.
18. Закони радіоактивного розпаду.
19. Стала розпаду, період напіврозпаду та активність атомних ядер.
20. Умови та характеристики альфа-розпаду.
21. Закон Гейгера-Неттола.
22. Теорія альфа-розпаду.
23. Характеристики бета-розпаду.
24. Нейтрино та антинейтрино.
25. Теорія бета-розпаду.
26. Характеристики гамма-випромінювання.
27. Місце гамма-променів в електромагнітному спектрі.
28. Електричні та магнітні гамма-переходи.
29. Кластерний розпад атомних ядер.
30. Ядерна ізомерія.
31. Внутрішня конверсія.
32. Ефект Мессбауера.
33. Практичні застосування ефекта Мессбауера.
34. Краплинна модель атомного ядра.
35. Оболонкова модель атомного ядра.
36. Модель газу Фермі.
37. Колективні обертові та коливальні стани ядер.
38. Реальний ядерний спектр і узагальнена модель ядра.

До змістового модуля 2

1. Канали ядерних реакцій.
2. Закони збереження в ядерних реакціях.
3. Пряма реакція та реакція через складене ядро.
4. Кінематика ядерних реакцій.
5. Порог ядерної реакції.
6. Механізми ядерних реакцій.
7. Проаналізуйте формулу Брейта-Вігнера.
8. Оптична модель ядра.

9. Відкриття реакції поділу важких ядер.
10. Основні результати теорії поділу ядер.
11. Практичне використання енергії поділу важких атомних ядер.
12. Умови та можливості здійснення злиття двох ядер.
13. Аналіз використання різних реакцій синтезу.
14. Особливості реакції синтезу легких атомних ядер.
15. Проблеми практичного використання енергії термоядерного синтезу.
16. Загальна характеристика взаємодії заряджених частинок з речовиною.
17. Взаємодія нейтронів і γ - променів з речовиною.
18. Іонізаційне гальмування заряджених частинок.
19. Пружне розсіяння частинок.
20. Радіаційне гальмування електронів.
21. Випромінювання Вавілова-Черенкова.
22. Взаємодія нейтронів з речовиною.
23. Фотоефект за участю γ - променів.
24. Ефект Комптона.
25. Утворення електронно-позитронних пар.
26. Фізико-хімічні процеси в живих організмах при дії іонізуючого випромінювання.
27. Основні характеристики біологічної дії ядерного випромінювання.
28. Загальні поняття про елементарні частинки.
29. Класифікація елементарних частинок.
30. Античастинки.
31. Закони збереження енергії в фізиці елементарних частинок.
32. Закони збереження електричного, лептонного і баріонного зарядів.
33. Інші закони збереження і квантові числа.
34. Кваркова модель адронів.
35. Відсутність кварків у вільному стані.
36. Експерименти, що підтверджують наявність кварків в адронах.

2. Питання підсумкового контролю

1. Масштаби фізичних величин в ядерній фізиці.
2. Склад атомного ядра. $N-Z$ діаграма атомних ядер.
3. Маса та енергія зв'язку ядра.
4. Залежність питомої енергії зв'язку від масового числа.
5. Розмір ядра та розподіл заряду в ядрі.
6. Орбітальний та власний моментом кількості руху нуклонів. Спін ядра.
7. Магнітний момент ядра.
8. Надтонка структура атомних спектрів.
9. Ядро в магнітному полі. Ядерний магнітний резонанс.
10. Дипольний та квадрупольний моменти ядер.
11. Парність ядра.
12. Основні властивості ядерних сил.

13. Краплинна модель атомного ядра. Формула Вайцзеккера.
14. Оболонкова модель атомного ядра. Магічні числа.
15. Явище радіоактивності. Типи радіоактивності.
16. Основний закон радіоактивного розпаду.
17. Складний радіоактивний розпад.
18. Стан вікової рівноваги. Радіоактивні ряди.
19. Експериментальне визначення періоду напіврозпаду.
20. Енергетичний спектр α -розпаду. Тонка структура спектра.
21. Закон Гейгера–Неттола. Елементарна теорія α -розпаду.
22. Типи β -розпадів. β -радіоактивні ізотопи.
23. Енергетичний спектр β -розпаду. Гіпотеза нейтрино. Елементи теорії β -розпаду.
24. γ -розпад. Правила відбору та імовірність γ -переходів.
25. Ядерна ізомерія. Внутрішня конверсія електронів.
26. Ядерне резонансне поглинання γ -квантів. Ефект Мессбауера.
27. Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною. Важкі заряджені частинки.
28. Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною. Легкі заряджені частинки.
29. Взаємодія γ -випромінювання з речовиною. Фотоефект та ефект Комптона.
30. Народження електрон-позитронних пар під дією γ -випромінювання. Закон послаблення вузького пучка γ -випромінювання в середовищі.
31. Дозиметрія ядерного випромінювання. Особливості дії радіації на тканини живого організму.
32. Основні визначення та характеристики ядерних реакцій. Канали ядерних реакцій.
33. Ефективний переріз ядерних реакцій
34. Закони збереження в ядерних реакціях. Поріг реакції.
35. Механізми ядерних реакцій. Прямі ядерні реакції.
36. Механізми ядерних реакцій. Ядерні реакції через складене ядро.
37. Реакції поділу атомних ядер. Механізм реакції поділу.
38. Розподіл продуктів реакції поділу за масами. Властивості продуктів поділу.
39. Ланцюгова реакція. Можливість використання ядерної енергії.
40. Ядерні реактори на повільних і швидких нейтронах.
41. Реакції синтезу атомних ядер. Термоядерні реакції.
42. Термоядерні реакції на Сонці.
43. Проблема здійснення керованих термоядерних реакцій.
44. Класифікація елементарних частинок.
45. Основні характеристики елементарних частинок.
46. Квантові числа елементарних частинок.
47. Основні властивості лептонів.
48. Основні властивості адронів.

Зарахування результатів неформальної освіти

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, в системі формальної освіти) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (протокол No109 від 28 березня 2022 року) (<https://www.chnu.edu.ua/media/Zaykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>) у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25% балів, отриманих за результатами неформальної та/ або інформальної освіти з проблем, що відповідають тематиці курсу.

Рекомендована література

Основна

1. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика. Підручник, 2-е видання, перероблене і доповнене. – К.: Знання, 2005. – 439 с.
2. Каденко І. М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К. – 2019. – 467 с.
3. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика: Навч. посібник. – Одеса.: Видавництво ОДУ, 2008. – 168 с.
5. Вальтер А.К., Залюбовський І.І. Ядерна фізика. – Харків: Видавництво Харківського ун-ту, 1991. – 480 с.
6. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика. – К.: Техніка, 1999. – 520 с.
7. Basdevant J.L., Rich J., Spiro M. Fundamentals in nuclear physics:from nuclear structure to cosmology. Springer, New York. – 2010. – 456 p.
8. Савчук А.Й., Юрійчук І.М. Фізика ядра і елементарних частинок: Задачі та методика їх розв'язування. – Чернівці:Рута, 2007. – 88 с.
9. Юрійчук І.М., Мельничук Т.А. Фізика ядра і елементарних частинок. Методичні рекомендації до виконання виконання лабораторних робіт. Частина І. – Чернівці:Рута, 2017. – 64 с.
10. Юрійчук І.М., Мельничук Т.А. Фізика ядра і елементарних частинок. Методичні рекомендації до виконання виконання лабораторних робіт. Частина ІІ. – Чернівці:Рута, 2018. – 64 с.
11. Плюйко В.А., Солодовник К.М. Збірник задач з ядерної фізики з розв'язками. Навчальне видання. Електронна версія К. – 2020. – 50 с.

Допоміжна

1. Альперін М.М., Манакін Л.О. Теоретична фізика. Фізика ядер та елементарних частинок. – К.:Вища школа, 1979. – 212 с.
2. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики. – К.:Либідь, 2001. – 375 с.

3. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 784 с.
4. Гаркуша І.П. Загальний курс фізики. Збірник задач. – К. : Техніка, 2003. – 345 с.
5. Martin B.R., Shaw G. Nuclear and Particle Physics: An Introduction, 3rd Edition. – Wiley Press. – 2019. – 528 p.

8. Інформаційні ресурси

1. <http://e-learning.chnu.edu.ua> – Сайт дистанційної освіти ЧНУ.
2. <http://www.nbuv.gov.ua> – Національна бібліотека ім. В.І.Вернадського.
3. <https://www-nds.iaea.org> – База даних Міжнародного агентства з атомної енергії

Політика академічної доброчесності

Освітня діяльність (викладача і здобувача освіти) під час вивчення навчальної дисципліни ґрунтується на принципах співробітництва та академічної доброчесності. Очікується, що роботи студентів будуть оригінальним дослідженням чи міркуванням й об'єктивно оцінені викладачем.

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

«Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>;

«Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/f5eleobm/polozhennya-pro-zapobihannia-plahiatu_2024.pdf.