

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету, інституту)

Кафедра ядерної фізики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник декана
навчальної роботи
Момот О.В.
« 10 » серпня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Фізика ядра та елементарних частинок

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань **15 «Автоматизація та приладобудування»**
(шифр і назва)

спеціальність **152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»**
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень

бакалавр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма

Фізика

(назва освітньої програми)

вид дисципліни

обов'язкова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

6

Кількість кредитів ECTS

5

Мова викладання, навчання
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

іспит

Викладачі: докт. фіз.-мат. наук, професор В.А. Плойко;

канд. фіз.-мат. наук, доцент КЯФ Л.О. Голінка-Безшийко;

канд. фіз.-мат. наук, асистент КЯФ К.М. Солодовник

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.

(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: *В.А.Плюйко, докт. фіз.-мат. наук, професор КЯФВЕ*

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ядерної фізики та високих енергій



(Ігор Каденко)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 14 від «03» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету
фізичного факультету

Протокол від «10» червня 2022 року №11

Голова науково-методичної комісії



(Олег Оліх)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » _____ 20__ року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – Метою дисципліни «Фізика ядра та елементарних частинок» є отримання студентами глибоких базових знань з курсу ядерної фізики, що включає засвоєння основних законів фізики у мікросвіті та оволодіння методами і принципами розв'язку ядерно-фізичних задач.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Успішне опанування всіх попередніх нормативних базових курсів фізики: «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика», «Оптика».
2. Вміти розв'язувати задачі з основних курсів фізики.
3. Володіти елементарними навичками роботи на комп'ютері по пошуку інформації в мережі Інтернет.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Фізика ядра та елементарних частинок» є одним з розділів нормативного курсу загальної фізики, що лежить в основі вивчення всіх природничих наук, і є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр".

Курс «Фізика ядра та елементарних частинок» дозволить значно покращити базову підготовку студентів, їх розуміння явищ у мікросвіті, у використанні досягнень ядерної фізики у фундаментальних і прикладних дослідженнях, зокрема, атомній енергетиці та ядерній медицині.

4. Завдання (навчальні задачі) – навчити студентів вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні в основних ядерно-фізичних явищах, пов'язаних з проявами квантової будови речовини, виробити навички практичного використання засвоєних знань, методів і підходів у подальшому навчанні, спеціалізації та професійній діяльності. Згідно вимог Стандарту вищої освіти України дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

ФК1. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки/невизначеності у відповідності з моделями вимірювання.

ФК11. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики, оптики, лазерної фізики, оптоелектроніки та метрології.

ФК13. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.	Знати:	<i>Лекції, практичні заняття, самостійна робота, лабораторні роботи</i>	<i>Тести, опитування, модульна контрольна</i>	50
1.1	<i>визначення основних ядерно-фізичних величин та одиниці їх вимірювання;</i>			
1.2	<i>будову атомних ядер та їх загальні властивості;</i>			
1.3	<i>загальні властивості нуклон-нуклонних ядерних сил та основи їх опису;</i>			
1.4	<i>класифікацію моделей опису структури атомних ядер та загальні методи опису одночастинкових та колективних явищ в</i>			

1.5	ядра; радіоактивні перетворення атомних ядер та їх типи, а також особливості електромагнітних переходів в ядрах.			
2.	Вміти:	Лекція, практичні заняття, самостійна робота, лабораторні роботи	Тести, опитування, модульна контрольна	50
2.1	логічно і послідовно формулювати основні поняття ядерної фізики;			
2.2	розв'язувати основні типи задач з ядерної фізики;			
2.3	виконувати і інтерпретувати результати лабораторних роботи з вимірювання ядерно-фізичних величин та оцінювати точність отриманих результатів;			
2.4	самостійно опанувати та використовувати літературу з ядерної фізики.			

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни		
Програмні результати навчання	1.	2.
ПРН03. Розуміти широкий міждисциплінарний контекст спеціальності, її місце в теорії пізнання і оцінювання об'єктів і явищ.	+	+
ПРН05. Вміти використовувати принципи і методи відтворення еталонних величин при побудові еталонних засобів виміральної техніки (стандартних зразків, еталонних перетворювачів, еталонних засобів вимірювання).	+	+
ПРН12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів.	+	+
ПРН19. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні 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, оптики та лазерної фізики.	+	+
ПРН20. Знати і розуміти фізичні основи оптичних явищ та процесів: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати оптичні явища, а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.	+	+

8. Схема формування оцінки.

Робота з вивчення програмного матеріалу поділяється на два змістові модулі. У першому змістовному модулі вивчається матеріал за темою “Структура атомних ядер”, а у другому – “Ядерні процеси”. У межах кожного із змістовних модулів передбачається проведення

практичних занять з розв'язку фізичних задач за темою матеріалу модуля та самостійних роботи. Загальна оцінка формується з оцінювання: 1) результатів семінарських занять, 2) виконання домашніх самостійних завдань; тестів та контрольних робіт.

8.1. Форми оцінювання студентів.

. Підсумковий контроль знань з навчальної дисципліни "Фізика ядра та елементарних частинок" студента проводиться у формі іспиту з використанням модульно-рейтингової системи оцінювання.

8.2. Організація оцінювання:

Організація оцінювання на іспиті з навчальної дисципліни.

Активність студента в межах кожного модуля (розв'язування вправ та активність на практичних заняттях, виконання домашніх завдань, захист лабораторних робіт) максимально оцінюється в 10 балів. Наприкінці кожного змістового модулю проводиться контроль теоретичних і практичних знань у вигляді модульної письмової контрольної роботи (за розрахунок 1 год. самостійної роботи). Максимальна кількість балів за контрольну роботу – 10 балів. Максимальна кількість балів, яка може бути отримана за підсумком кожного із змістовних модулів – 20. Загальна максимальна кількість балів, яка може бути отримана студентом при виконанні завдань двох змістових модулів – 40.

Підсумковий контроль знань з навчальної дисципліни "Фізика ядра та елементарних частинок" студента проводиться у формі іспиту, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – 60. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка на іспиті складається з семестрової модульної та екзаменаційної оцінок і дорівнює 100 балам.

Екзаменаційна рейтингова оцінка визначається за результатами виконання екзаменаційних завдань, що наведені у екзаменаційних білетах (2 теоретичних питання та одна задача). При пропусках студентом лекцій та практичних занять без поважних причин, які підтверджені документально, студенту на іспиті даються додаткові завдання з теоретичних питань та розв'язку задач з розрахунку одна додаткова задача на один пропуск та один білет на два пропуски.

Умови допуску до підсумкового іспиту - виконання всіх практичних завдань з курсу та позитивна оцінка за кожною з модульних контрольних робіт. У відсутність студента на модульній контрольній роботі з поважних причин, які підтверджені документально, студент повинен пройти модульний контроль у інші терміни. в установленому деканатом порядку.

Основні контрольні запитання для захисту лабораторних робіт з ядерної фізики

Робота №1. Вивчення поглинання γ -випромінювання за допомогою сцинтиляційного лічильника

- Вимоги до геометрії установки для коректного вимірювання поглинання γ -квантів?
В чому відмінність законів поглинання γ -квантів і заряджених частинок речовиною?
- Чому ймовірність фотоефекту зменшується при збільшенні енергії γ -квантів?
- На яких оболонках атома ймовірність фотоефекту найбільша і чому?
- Яка залежність ймовірності ефекту Комптона від енергії γ -квантів і порядкового номера z ?
- Як розрахувати час вимірювання для визначення коефіцієнта поглинання з точністю 5%?

Робота №2. Вивчення кутової кореляції анігіляційних фотонів та оцінка їхньої енергії -
Як відбувається процес сповільнення позитронів в речовині.

- Що таке позитроній. Який його час життя.
- Яким чином можна за допомогою позитронних джерел оцінювати температуру електронного газу в металах.
- Навести приклади радіоактивних ядер, що випромінюють позитрони.
- Що таке зарядове спряження.

Робота №3. Сцинтиляційний γ -спектрометр

- Ядро якого хімічного елемента випромінює γ -кванти з енергією 1.17 MeV та 1,33 MeV ?
- На електронах якого хімічного елемента найчастіше проходить передача енергії $\gamma \rightarrow$ електрон в кристалі NaI(Tl)?
- Пояснити принцип роботи ФЕП
- Пояснити принцип роботи АЦП. Який мертвий час АЦП на 1024 канали, що має генератор 200 МГц?
- Схематично намалювати спектри від γ -квантів з енергією 1 MeV та 5 MeV, що отримані за допомогою спектрометра на основі кристалу NaI(Tl).

Робота №4. Визначення часу життя мюонів

- Походження мюонів в атмосфері Землі
- Мінімальна енергія мюонів, які доступні для реєстрації в атмосфері Землі.
- Як час життя мюонів залежить від їх енергії?

Робота №5. Вивчення ефективності лічильника Гейгера-Мюллера, активності препарату, періоду напіврозпаду Co-60 методом збігів

- Основні квантові характеристики основного і збудженого рівнів ядра.
- Мультипольності радіаційних переходів між рівнями ядер. Магнітні та електричні переходи.
- Принцип роботи лічильника Гейгера-Мюллера. Зовнішнє і внутрішнє гасіння розряду. Лічильна характеристика.

Робота №6. Закономірності флуктуацій при реєстрації ядерного випромінювання -
Загальні умови застосування закону Пуассона.

- Зв'язок закону Пуассона з законом Гауса.
- Інтеграл помилок Гауса. Середньоквадратична (стандартна) та імовірнісна похибки.
- Відносна похибка. Визначення часу виміру для одержання заданої точності.

Робота №7. Визначення часу життя збудженого стану ядра Fe-57 (ефект Мессбауера) -
Ефект Мессбауера. Резонансна флуоресценція.

- Чим визначається ширина резонансної лінії γ -випромінювання?
- Чому ефект Мессбауера спостерігається тільки для речовин з кристалічною ґраткою?
- Блок-схема мессбауерівського спектрометра.
- Типи мессбауерівських спектрометрів

Робота №8. Визначення потужності експозиційної дози радіоактивного джерела -

Чим відрізняється величина поглиненої дози від керми.

- Для чого ввели величину ефективна доза? Чи використовують цю величину для оцінки дозового навантаження на тварин?
- Для якої геометрії опромінення зовнішнім полем дозові конверсійні коефіцієнти мають найбільше значення? Пояснити відмінність дозового навантаження при різних геометріях опромінення.
- Що таке повітряна керма?

Робота №9. Визначення питомої активності джерел β -випромінювання -

Що таке β -частинка?

- Що таке β -розпад ядра, які типи такого розпаду ви знаєте?
- Який вигляд мають β -спектри?
- Визначити екстрапольований пробіг β -частинок джерела $^{38}_{90}\text{Sr}$ $^{39}_{90}\text{Y}$ в м'якій тканині за масою: 10% Н, 18% С, 3% N, 65% О, 4% інших елементів.
- В організмі дорослої людини міститься 0.19% (за вагою) калію. Оцінити радіоактивність людини і визначити поглинуту дозу в тілі людини від 40К за рік.
- Що таке мінімальна детектована активність (МДА)?

Робота №10. Статистичні методи аналізу вимірюваної величини

- Відносна похибка
- Визначення часу виміру для одержання заданої точності.

8.3 Шкала відповідності оцінок.

Шкала відповідності оцінювання на іспиті

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	практ. зан.	лаб.	самост. робота
Змістовий модуль 1. Структура атомних ядер					
1	Загальні властивості атомних ядер. Формула Вайцзекера для питомої енергії зв'язку. Розміри та деформація ядер. Статичні мультипольні моменти ядер.	5	2		8
2	Класифікація станів системи з двох нуклонів. Основи теорії структури дейтрона. Ядерні сили.	5	2		7
4	Класифікація моделей структури атомних ядер. Модель ядерного фермі-газу. Середній ядерний потенціал, його компоненти та методи обчислення.	5	2		8
5	Оболонкова модель ядра. Магічні числа. Парні кореляції. Загальні уявлення про колективні явища в ядрах. Краплинна модель ядра.	5	2		8
6	Ротаційні та вібраційні стани ядер. Гігантські резонанси.	3	2		7
	Модульна контрольна робота 1				2
Змістовий модуль 2. Ядерні процеси					
7	Електромагнітне випромінювання ядер. Радіоактивність атомних ядер та основні закони радіоактивного розпаду.	5	2	4	8
8	Основи теорій альфа- та бета-розпадів. Загальні закономірності ядерних реакцій. Елементи теорії пружного розсіяння.	5	2	3	8
9	Механізми ядерних реакцій. Поділ важких ядер. Теорія Струтинського для двогорбового бар'єру.	5	1	3	8
10	Ланцюгова ядерна реакція та принцип дії ядерних реакторів поділу. Загальні властивості елементарних частинок та типи їхньої взаємодії.	6	1	3	9
	Модульна контрольна робота 2				3
	ВСЬОГО	44	16	14	76

Примітка: теми, винесені на самостійне вивчення.

Загальний обсяг год. – **150-**, в тому числі:
 лекцій – **44 год.**;
 лабораторних робіт: **14**,
 практичні заняття – **16 год.**;
 самостійна робота - **76 год.**,
 тренінги - **0 год.**,
 консультації – **1 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з ядерної фізики в електронному вигляді <http://atom.univ.kiev.ua/2016/stud/stud.html>

2. І. М. Каденко, В.А. Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок. – Киев: ВПЦ Київ. унів., 2008.
3. Л. А. Булавін, В. К. Тартаковський. Ядерна фізика. – Київ: Знання, 2005.
4. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика.-М.-1980.-С.259-273, 446-453, 491-516.
5. Практикум по ядерной физике / Под ред. Ш.Ш.Башкирова. – Казань,1985. - С.36-40.
6. Кабардин О.Ф..Практикум по ядерной физике.-М.,1965.-С.25-29, 48-49, 143-146.
7. Сборник лабораторных работ по ядерной физике / Под ред. Проф. К.Н.Мухина. – М.:Атомиздат, 1979. –с.71-76.
8. Вальтер А.К. Введение в физику элементарных частиц.-Харьков,1960, С.164-210.
9. Вальтер А.К., Залюбовский И.И. Ядерная физика.- Харьков, 1978.
10. Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия. Под ред. К.Зигбана. – М.: Атомиздат.
11. Иванов В.И. Курс дозиметрии. - М.,1978. - 392 с.
12. Маргулис У.Я. Атомная энергия и радиационная безопасность. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.
13. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 232 с.

Додаткова

1. Б. Ю. Денисов, В. А. Плюйко. Проблемы физики атомного ядра и ядерных реакций. – Киев: ВПЦ Київ. унів., 2013.
2. Прайс В. Регистрация ядерного излучения.- М., 1960.
3. Абрамов А.И. и др. Основы экспериментальных методов ядерной физики. - М., 1970. - 215с.
4. Н.Л. Григоров, М.А. Кондратьева, И.Д. Рапорт. Космические лучи. М., Физматгиз, 1962.
5. А.О.Вайсенберг. Мю-мезон. М., АН СССР. 1963.
6. Н.А. Добротин. Космические лучи. М., Гостехиздат, 1954.
7. В.Л.Гинзбург, С.И.Сыроватский. Происхождение космических лучей. Изд. АН СССР. М., 1963.
8. В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Космические лучи и их взаимодействие. М., Атомиздат. 1968.
9. Райский С.М., Смирнов В.Ф. Физические основы метода радиоактивных индикаторов. - М., 1956.
10. Антонова И.А. и др. Практикум по ядерной физике.- 1979.
11. Естулин И.В. Радиоактивные излучения. - М., 1962. - С.260.
12. Гольданский В.И. и др. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц — М.,Физматгиз, 1959.
13. Худсон Д. Статистика для физиков.-1967.-С.20-30,190-196.
14. Гольданский В.И. Эффект Мессбауэра и его применение в химии.-М., 1963.- 83 с.
15. Вертгейм Г.К. Эффект Мессбауэра.- М., 1966.- 172 с.
16. Защита от ионизирующих излучений. Т.1. Физические основы защиты от излучений / Под ред. Гусева Н.Г.-М.:Энергоатомиздат,1989.
17. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
18. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ - 97). – Київ, 1997. – 121 с.

19. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. – М: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.
20. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Избирательные радиометры. – М.: Атомиздат, 1975. – 376 с.
21. Дементьев В.А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов. – М.: Атомиздат, 1967. – 140 с.
22. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П. Прикладная метрология ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 264 с.

10. Додаткові ресурси:

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации спектрометра ЯГРС-2М. - М., 1975.- С.9-49
2. Гониометр Г-5. Техническое описание. - 1981.
3. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения. Серия изданий по безопасности, № 115.МАГАТЭ. – Вена, 1997. – 382 с.