

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра прикладної фізики та фізики плазми



**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
В.о. директора ННІ «Фізико-технічний факультет»

Пилип КУЗНЄЦОВ

2023 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Атомно-ядерна фізика

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти	перший (бакалавр)
галузь знань	10 – “Природничі науки” (шифр і назва)
спеціальність	105 – “Прикладна фізика та наноматеріали” (шифр і назва)
освітня програма	“Прикладна фізика” (шифр і назва)
спеціалізація	 (шифр і назва)
вид дисципліни	обов’язкова (обов’язкова / за вибором)
факультет	ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»  
“25” серпня 2023 року, протокол №8

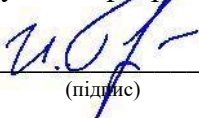
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Грицина Василь Тимофійович** кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент  
кафедри прикладної фізики та фізики плазми  
**Афанасьєва Інна Олексіївна** кандидат фізико-математичних наук, доцент  
кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Протокол від “24”липня 2023 року № 12


Завідувач кафедри прикладної фізики та фізики плазми

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ігор ГАРКУША  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Прикладна фізика  
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

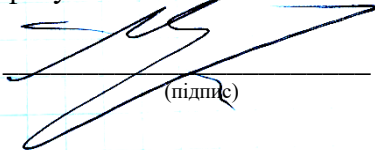
  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ігор ГІРКА  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “14”серпня 2023 року № 11

Голова науково- методичної комісії ННІ «Фізико-технічний  
факультет»

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Микола ЮНАКОВ  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програму навчальної дисципліни «Атомно-ядерна фізика» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”. Освітня програма: “Прикладна фізика» та «Медична фізика”. При розробці Програми враховані вимоги Стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого наказом МОН України № 804 від 16.06.2020 р, та введеного в дію з 2020/2021 навчального року

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни є надання студентам сучасних уявлень про побудову атома, молекул, твердих тіл та ядер на основі квантової механіки, основні методи розв’язання задач по цих розділах та методи їх експериментального дослідження. Атомно-ядерна фізика є базовою природничою дисципліною в професійній освіті фахівця у нових галузях фізики, без знання якої є неможливим свідоме, якісне засвоєння знань із теоретико-фізичних та спеціальних дисциплін, які становлять основу освіти майбутнього спеціаліста у галузі медичної фізики, нанофізики, ядерної фізики, фізики плазми, фізичного матеріалознавства та наукоємних фізичних технологій. Дисципліна «Атомно-ядерна фізика» є необхідною складовою підготовки фахівців в галузі природничих наук, вона містить матеріал засвоєння якого дають студентам компетенції в таких напрямках як «Прикладна фізика та наноматеріали», «Прикладна фізика та медична фізика». та інших. Засвоєння фундаментальних фізичних складових що викладаються в межах дисципліни «Атомно-ядерна фізика» є умовою для подальшого викладання таких дисциплін як «Теоретична ядерна фізика», «Експериментальна ядерна фізика» «Фізика плазми та фізичні технології», «Фізичне матеріалознавство» «Фізичні основи медичної апаратури / Методи біофізичних досліджень» та інші.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями дисципліни «Атомно-ядерна фізика» є забезпечення успішного засвоєння студентами теоретичних основ структури та властивостей атомів, молекул, електронних властивостей твердих тіл, ядер та елементарних частинок на основі класичної фізики доповненої елементами квантової фізики; оволодіння методами розв’язування задач зі знаходження характеристик указаних частинок матерії та дослідження процесів, що протікають при взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною; засвоєння методів експериментального дослідження характеристик атомів, ядер та молекул і набуття відповідних експериментальних навичок; формування у студентів загальної та предметної компетентності в галузі атомно-ядерної фізики; формування у студентів здатності самостійно засвоювати наукові знання; надати студентам базові знання з фізики атомів та молекул, які необхідні для розуміння, дослідження, пояснення та передбачення в галузі сучасної фізики.

Загальні компетентності, які мають бути засвоєні в результаті вивчення дисципліни «Атомно-ядерна фізика»:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК-1)
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; (ЗК-2)
- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні; (ЗК-6)

- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (ЗК-7)
- здатність працювати автономно; (ЗК-9)
- навички здійснення безпечної діяльності. (ЗК-10)

Фахові компетентності, які мають бути засвоєні в результаті вивчення дисципліни «Атомно-ядерна фізика»:

- здатність брати участь у плануванні та виконанні експериментів і лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів; (СК-2)
- здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження; (СК-3)
- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій; (СК-5)
- здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем; (СК-6)
- здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності; (СК-7)
- здатність працювати із науковим обладнанням і вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень; (СК-9)
- здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем; (СК-10)
- розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень. (СК-11)

### 1.3. Кількість кредитів 9

### 1.4. Загальна кількість годин 270

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
<u>Обов'язкова</u> / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-
Семестр	
5+6-й	-
Лекції	
80 год.	-
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	-
Лабораторні заняття	
32 год.	-
Самостійна робота	
126 год.	-
у тому числі індивідуальні завдання	
4 год.	

### 1.6. Заплановані результати навчання

Заплановані результати навчання полягають у тому, що внаслідок опанування курсу «Атомно-ядерна фізика» студенти мають засвоїти: принципи теоретичні основи структури атомів, молекул та ядер в рамках класичної фізики, доповненої елементами квантової фізики, необхідними для розуміння їх структури та використання цих знань в практичних цілях; основні методи розв'язування задач з основ структури елементарних частинок матерії з використанням диференціального та інтегрального числення, теорії диференціальних рівнянь, лінійної алгебри, векторного та тензорного аналізу; основні методи експериментального дослідження характеристик атомів, молекул та ядер; загальна та предметна компетентності у галузі фізики атомів та ядер.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика» спеціальність 105 – «прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання:

- знати та розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики; **(Зн-1)**
- розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем; **(Зн-3)**
- знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної 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 теоретичної та прикладної фізики; **(Зн-4)**
- знати та розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій; **(Зн-5)**
- застосовувати сучасні математичні методи для побудови та аналізу математичних моделей фізичних процесів; **(Ум-1)**
- застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики; **(Ум-2)**
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій; **(Ум-3)**
- вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики; **(Ум-4)**
- відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність і релевантність інформації; **(Ум-5)**
- класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики; **(Ум-6)**
- мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи; **(АіВ-1)**
- 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; **(АіВ-2)**
- знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих

фізичних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини. (АіВ-3)

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

Вступ. Історичні аспекти фізичних уявлень про структуру атомів: моделі атомів Томсона, Резерфорда та Бора. Постулати та гіпотези, які виникали для пояснення експериментальних фактів. Хвильові властивості елементарних частинок. Основи квантової механіки та використання математичного апарату для розуміння структури атома. Квантові властивості багато-електронних атомів, молекул та твердих тіл. Структура та властивості атомних ядер. Експериментальні методи в ядерній фізиці. Використання ядерних методів в медицині, новітній техніці та астрофізиці.

### **Розділ 1. Розвиток фізичних уявлень про структуру атомів та властивостей елементарних частинок**

#### **Тема 1. Розвиток фізичних уявлень про структуру атома**

Модель атома за Томсоном. Досліди Ленарда з зондування атомів електронами. Досліди та формула Резерфорда з розсіяння альфа-частинок атомами. Ядерна модель атома. Закономірності в спектрах випромінювання атомів. Спектральні серії водню. Комбінаційний принцип Рітца. Планетарна модель атома. Постулати Бора. Розрахунок енергетичних станів водне-подібних атомів по моделі Бора. Розрахунок сталої Рідберга за наявності руху ядра. Визначення першого борівського радіусу з міркувань розмірності й. Досліди Франка та Герца з доведення наявності в атомі стаціонарних станів.

#### **Тема 2. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання та хвильові властивості частинок**

Кванти світла. Гіпотеза Планка. Зв'язок енергії та імпульсу кванта з частотою електромагнітних коливань. Експериментальні підтвердження корпускулярних властивостей електромагнітного випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Комптона. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де-Бройля. Експериментальні підтвердження гіпотези де-Бройля – досліди Девіссона і Джермера. Властивості електрона. Досліди з доказу хвильових властивостей атомів гелію. Принцип невизначеностей Гейзенберга, його фізичний зміст.

#### **Тема 3. Елементи квантової механіки**

Хвильова функція частинки яка рухається. Знаходження рівняння Шредінгера. Фізичний зміст та властивості хвильової функції Уявлення фізичних величин операторами. Оператор кінетичної енергії, імпульсу та координати частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для вільної частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для частинки в потенціальному ящику. Аналіз квантових енергетичних станів та хвильових функцій. Проникнення частинки через потенційний бар'єр - тунельний ефект. Аналіз розв'язання рівняння Шредінгера для потенціалу типа гармонічного осцилятора. Правило відбору за квантовим числом  $\nu$ . Аналіз розв'язання рівняння Шредінгера в сферичних координатах для центральносиметричного потенціалу. Оператор моменту імпульсу. Оператор кінетичної енергії в сферичних координатах. Висновки: фундаментальні постулати квантової механіки.

### **Розділ 2. Структура атомів на основі квантової механіки**

#### **Тема 1. Квантова теорія водне-подібних атомів**

Рівняння Шредінгера для водне-подібного атома. Наявність зв'язаних станів в системі позитивно заряджене ядро + електрон. Розв'язання рівняння Шредінгера для водне-

подібних атомів. Хвильові функції та енергетичні рівні при квантовому числі  $l=0$ . Хвильові функції та енергетичні рівні при квантовому числі  $l>0$ . Аналіз повних хвильових функцій водне-подібних атомів. Електронні стани та переходи в водне-подібних атомах. Правило відбору за квантовим числом  $l$ . Виродження енергетичних станів.

### **Тема 2. Структура багато-електронних атомів**

Енергетичні рівні та спектральні серії атомів лужних металів. Знімання виродження за орбітальним квантовим числом  $l$ . Спін електрона. Магнетизм атомів. Досліди Штерна та Герлаха. Проблеми побудови багато-електронних атомів. Принцип заборони Паулі. Оболонкова структура атомів. Побудова періодичної таблиці елементів Менделєєва

## **Розділ 3. Квантові властивості багато електронних атомів, молекул та твердих тіл**

### **Тема 1. Основи атомної спектроскопії**

Повний механічний момент електронів в атомі:  $j-j$  – та  $L-S$  – зв'язок. Побудова спектральних термів атомів. Спін-орбітальне розщеплення рівнів в атомі. Тонке розщеплення спектральних ліній. Магнітні властивості атомів. Нормальний та аномальний ефекти Зеемана. Природа рентгенівських променів. Характеристичне та гальмове випромінювання. Закон Мозлі. Ефект Оже. Поглинання рентгенівських променів середовищем. Фізичні основи роботи лазерів.

### **Тема 2. Хімічний зв'язок та структура молекули**

Типи зв'язку в молекулах. Молекулярний іон  $H_2^+$ . Ковалентний зв'язок, молекула  $H_2$ . Іонний зв'язок, багатоатомні молекули. Збуджені стани молекул – електронне, коливальне та обертальне збудження молекул. Молекулярні спектри.

### **Тема 3. Електронні властивості твердих тіл**

Походження електронних енергетичних зон. Хвильові функції та ефективна маса електронів в металах. Густина електронних станів та енергія Фермі. Оптичне поглинання та люмінесценція в твердих тілах. Твердотільні лазери. Випромінювання нагрітого твердого тіла. Емпіричні закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони Віна та Стефана-Больцмана. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання  $u(\nu)$  для класичного осцилятора – формула Релея-Джинса. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання  $u(\nu)$  для квантового осцилятора – формула Планка для випромінювання абсолютно чорного тіла. Атомна теплоємність твердих тіл – Теорія Ейнштейна. Ґратчаста теплоємність твердих тіл – теорія Дебая. Електронна теплоємність твердих тіл.

## **Розділ 4. Структура та статичні властивості ядер**

### **Тема 1. Стислий нарис розвитку вчення про структуру ядра**

Електронно-протонна модель ядра. Залежність характеру спіну ядра від парності числа частинок. Азотна катастрофа. Експерименти Боте і Беккера реакції взаємодії альфа-частинок з ядрами. Протонно-нейтронна модель ядра. Ядерні взаємодії. Масштаби енергії, відстані та часу в ядерній фізиці

### **Тема 2. Статичні властивості ядер**

Класифікація ядер. Ізотопи, ізобари, ізотони. Заряд ядра, експериментальні методи його вимірювання: Використання формули Мозлі та Оже-ефекту. Маса ядра, експериментальні методи її вимірювання: мас-спектрограф та мас-спектрометр Астона. Визначення питомої енергії зв'язку ядра. Емпірична залежність питомої енергії зв'язку ядра

від масового числа. Властивості ядерних сил – перше наближення. Краплинна модель ядра. Напівемпірична формула для визначення енергії зв'язку ядра (формула Вейтзеккера). Використання формули Вейтзеккера для визначення масового числа та заряду стабільного ізобару ( $A = \text{const.}$ ). Обчислення енергії поділу ядер із емпіричної залежності енергії зв'язку ядра від масового числа. Визначення радіусу ядер зв'язок радіусу ядра з масовим числом. Експериментальне визначення сталої  $r_0$ : із аналізу формули Вейтзеккера, із розсіювання нейтронів, та високоенергетичних електронів.

### **Тема 3. Квантові характеристики ядер**

Спін та магнітний момент ядра – надтонке розщеплення спектральних ліній. Спектроскопічні методи визначення спінів ядер. Вимірювання магнітних моментів атомів та ядер. Метод Штерна і Герлаха. Метод магнітного резонансу для вимірювання магнітних моментів ядер (метод Рабі). Вимірювання магнітного моменту нейтрона за допомогою магнітних дзеркал. Систематика спінів та магнітних моментів ядер (модель Шмідта) Парність хвильових функцій ядер, закони збереження парності в ядерній фізиці. Форма ядра, електричний дипольний момент ядра. Квадрупольний момент ядра та методи його вимірювання. Емпірична залежність квадрупольного моменту ядра від кількості протонів або нейтронів. Деформовані ядра.

### **Тема 4. Фізичні засади роботи детекторів ядерного випромінювання**

Характеристики детекторів: ефективність, просторовий та часовий розділ, мертвий час та час відновлення. Фізичні засади роботи камери Вільсона, дифузійної та бульбашкової камери. Фізичні засади роботи іонізаційної камери, пропорційного лічильника, та лічильника Гейгера-Мюллера. Фізичні засади роботи сцинтиляційного та Черенковського лічильника. Фізичні засади роботи напівпровідникових детекторів та ядерних фотоємальсій.

## **Розділ 5. Радіоактивний розпад ядер, моделі ядра та властивості елементарних частинок**

### **Тема 1. Перетворення ядер з випромінюванням частинок**

Енергетична спроможність радіоактивного розпаду та його закон. Альфа-розпад, схема та енергетика альфа-розпаду. Механізм альфа-розпаду. Виведення закону Гейгера-Неттола з використанням тунельного ефекту. Аналіз залежність періоду альфа - розпаду від енергії альфа-частинок (закон Гейгера-Неттола). Бета-розпад. Три типи бета-розпаду, схеми та енергетика  $\beta$ -розпаду. Характер бета-спектрів та гіпотеза нейтрино. Непрямі експериментальні докази існування нейтрино. Визначення маси спокою нейтрино. Прямі експерименти з доведення існування нейтрино (використання працюючого реактора). Механізм  $\beta$ -перетворень. Властивості частинок та античастинок. Анігіляція частинок та античастинок. Закони збереження лептонного та баріонного числа. Гіпотеза Лі та Янга. Експерименти Ву з доведення асиметрії вильоту електронів при просторові інверсії. Елементи теорії бета-розпаду. Незбереження парності при бета-розпаді.

### **Тема 2. Перетворення ядер з випромінюванням гама-квантів**

Гама-випромінювання ядер. Закони збереження енергії, моменту імпульсу, парності при гама-випромінюванні. Імовірність гама-переходів, її залежність від характеристик ядер в початковому і кінцевому стані. Внутрішня конверсія гама-променів, залежність коефіцієнту внутрішньої конверсії від мультипольності випромінювання та енергії переходів. Ефект Мессбауера - резонансного поглинання гама-променів. Вимірювання червоного зсуву в лабораторних умовах з використанням ефекту Мессбауера.



### **Тема 3. Фізичні засади роботи прискорювачів частинок**

Фізичні засади роботи електростатичних генераторів. Генератори Ван-де-Граафа, тандем ні генератори. Фізичні засади роботи циклічних прискорювачів: циклотрон, бетатрон. Фізичні засади роботи лінійних прискорювачів: резонансні прискорювачі з дрейфовими трубками та на біжучій хвилі.

### **Тема 4. Ядерні реакції, ядерні сили та моделі атомного ядра**

Ядерні реакції за типом взаємодії: прямі ядерні взаємодії та реакції, які включають компаунд-ядро. Класифікації ядерних реакцій за типом падаючих частинок: нейтронів, заряджених частинок. гама-квантів. Реакції за характером ядерних перетворень: реакції з вильотом нейтронів, заряджених частинок. гама-квантів. Реакції розподілу важких ядер. Ланцюгові реакції. Реакції синтезу атомних ядер. Термоядерні реакції. Короткодія та властивості насичення ядерних сил. Незалежність ядерних сил від заряду. Обмінний характер ядерних сил. Мезонна теорія ядерних сил та структура нуклонів. Модель ядерних оболонок. Експериментальне та теоретичне обґрунтування моделі. Принципи побудови оболонкової моделі ядра.

### **Тема 5. Космічні промені та елементарні частинки**

Первинне та вторинне космічне випромінювання. Проходження космічного випромінювання крізь атмосферу. Каскадні процеси. Походження космічних променів. Класифікація елементарних частинок: фотони, лептони, мезони, баріони. Закони збереження при перетворенні частинок. Кваркова модель елементарних частинок.

## 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>5-й семестр</b>						
<b>Розділ 1. Розвиток фізичних уявлень про структуру атома</b>						
Тема 1. Розвиток фізичних уявлень про структуру атома	14	4	2	-		8
Тема 2. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання та хвильові властивості частинок	24	4	4	8		8
Тема 3. Елементи квантової механіки.	20	8	6			6
Разом за розділом 1	58	16	12	8		22
<b>Розділ 2. Структура атомів на основі квантової механіки</b>						
Тема 4. Квантова теорія водне-подібних атомів	28	8	6			18
Тема 5. Структура багато-електронних атомів	22	6	4	10		6
Разом за розділом 2	58	14	10	10		24
<b>Розділ 3. Квантові властивості багато електронних атомів, молекул та твердих тіл</b>						
Тема 6. Основи атомної спектроскопії	22	8	6	4		4
Тема 7. Хімічний зв'язок та структура молекули	20	4	2	6		8
Тема 8. Електронні властивості твердих тіл	22	6	2	4		10
Разом за розділом 3	64	18	10	14		22
<b>Разом за 5-й семестр</b>	<b>180</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>68</b>
<b>6-й семестр</b>						
<b>Розділ 4. Структура та статичні властивості ядер</b>						
Тема 9. Стислий нарис розвитку вчення про структуру ядра	4	2				4
Тема 10. Статичні властивості ядер	10	6				6
Тема 11. Квантові характеристики ядер	10	6				6
Тема 12. Фізичні засади роботи детекторів ядерного випромінювання	6					8
Разом за розділом 4	30	14				24
<b>Розділ 5. Радіоактивний розпад ядер, моделі ядра та властивості елементарних частинок</b>						
Тема 13. Перетворення ядер з випромінюванням частинок	14	6				8
Тема 14. Перетворення ядер з випромінюванням гамма-квантів	10	4				6
Тема 15. Фізичні засади роботи прискорювачів частинок	6	-				6
Тема 16. Ядерні реакції, ядерні сили та моделі атомного ядра	12	4				8
Тема 17. Космічні промені та елементарні частинки	10	4				6
Разом за розділом 5	60	18				34
<b>Разом за 6-й семестр</b>	<b>90</b>	<b>32</b>				<b>58</b>
<i>Усього годин</i>	<b>270</b>	<b>80</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>126</b>

## 4. Теми семінарських практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

<b>5-й семестр</b>		
<b>Практичні заняття</b>		
1	Модель атома за Томсоном. Формула та модель атома Резерфорда	4
2	Водне-подібні атоми. Спектральні серії водню. Комбінаційний принцип Рітца	2
3	Модель водне подібних атомів згідно моделі Бора	2
4	Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання. Фотоелектричний ефект та ефект Комптона	2
5	Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга	2
6	Вирішування рівняння Шредінгера для заданого потенціалу	2
7	Проходження частинок крізь потенціальний бар'єр висотою $U_0$ і шириною $x_0$ .	2
8	Розв'язання рівняння Шредінгера для водне-подібних атомів. Радіальна складова	2
9	Енергетичні рівні в атомах лужних металів	2
10	Квантові характеристики електронів в атомах	2
11	Природа рентгенівських променів. Оже-ефект	2
12	Поглинання рентгенівських променів.	2
13	Збуджені стани молекул: електронні, коливальні та обертальні збудження	2
14	Випромінювання твердих тіл. Закони випромінювання: Віна, Стефана-Больцмана, Планка	2
15	Підсумкове практичне заняття	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

#### Теми лабораторних занять

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми</b>	<b>Кількість годин</b>
1	Вступне заняття. Інструктаж із техніки безпеки	2
2	Характеристика основних атомних величин та методів їх вимірювання	2
3	Графічне зображення результатів вимірювання	2
4	Провести градування монохроматора УМ-2	2
5	Визначення спектральних характеристик молекул йоду	2
6	Визначення енергії дисоціації молекул йоду	2
7	Визначення сталої Рідберга із спектрів випромінювання водню	2
8	Перевірка законів теплового випромінювання: закон Стефана-Больцмана	2
9	Перевірка законів теплового випромінювання: закони Віна	2
10	Вивчення роботи лазера та визначення параметрів лазерного променю	2
11	Дослідження спектрів випромінювання металів та сплавів за допомогою стилоскопу. Напів-кількісний аналіз складу сталей	2
12	Будова спектрографа. Фотографування та розшифровка спектрів випромінювання заліза	2
13	Визначення спектральних характеристик спектрографа.	2
14	Фотографування та розшифровка спектрів випромінювання металів і сплавів	2
15	Якісний аналіз складу сплавів	2
16	Студентський оглядовий семінар з лабораторії атомної фізики	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
<b>5-й семестр</b>		
1	Розрахункова робота з Розділу 1.	16
2	Розрахункова робота з Розділу 2.	16
3	Розрахункова робота з Розділу 3	16
4	Підготовка до контрольної роботи з розділів 1-3	10
5	Курсова робота	10
6	Разом за семестр	<b>68</b>
<b>6-й семестр</b>		
7	Розрахункова робота з Розділу 4.	24
8	Розрахункова робота з Розділу 5	24
9	Підготовка до контрольної роботи з розділів 4-5.	10
10	Разом за семестр	58
11	Разом з дисципліни	<b>126</b>

### 6. Індивідуальні завдання

#### 5-й семестр

Розрахунково-графічна робота за Розділом 1. 16 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. / Г. А. Ільчук, О. С. Кушнір, О. В. Бовгира, А. І. Кашуба / За ред. Лопатинського І. Є. 2021. – і містить задачі №№ 2.2, 2.3, 2.4, 2.12, 2.16, 2.18, 2.26, 3.1, 3.4, 3.6, 3.9, 3.12, 3.22, 3.29, 4.6, 4.14, 4.17, 4.21, 4.29, 5.2, 5.8, 5.10, 5.21, 6.3, 6.9, 6.13, 6.19. Оцінювання (6 балів)

Розрахунково-графічна робота за Розділом 2. 16 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. / Г. А. Ільчук, О. С. Кушнір, О. В. Бовгира, А. І. Кашуба / За ред. Лопатинського І. Є. 2021. – і містить задачі №№ 7.1, 7.4, 7.10, 7.12, 7.18, 7.20, 7.27, 7.32, 7.4. Оцінювання (5 балів)

Розрахунково-графічна робота за Розділом 3. 16 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. / Г. А. Ільчук, О. С. Кушнір, О. В. Бовгира, А. І. Кашуба / За ред. Лопатинського І. Є. 2021. – і містить задачі №№ 8.1, 8.4, 8.12, 8.15, 8.18, 8.25, 8.28, 9.1, 9.4, 9.13, 10.2, 10.5, 10.12, 10.24, 10.26, 12.6, 12.8. 1.1, 1.4, 1.6. Оцінювання (5 балів)

Підготовка до контрольної роботи за Розділами 1-3. 10 годин самостійної роботи. Контрольна робота містить два теоретичних узагальнюючих завдання та практичну задачу з чисельними розрахунками фізичних величин. Оцінювання (20 балів).

Курсова робота (10 годин самостійної роботи)

Оцінювання (4)

#### 6-й семестр

Розрахунково-графічна робота за Розділом 4, 24 години самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота із задачника Плюйко В.А., Солодовник К.М. Збірник задач з ядерної фізики з розв'язками, 2002 і включає 6 задач у відповідності до прочитаного лекційного матеріалу. Перелік задач видається кожному студенту протягом учбового семестру.

Оцінювання (20 балів)

Розрахунково-графічна робота за Розділом 5, 24 години самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується задачником Плюйко В.А., Солодовник К.М. Збірник задач з ядерної фізики з розв'язками, 2002 і включає 6 задач у відповідності до прочитаного лекційного матеріалу. Перелік задач видається кожному студенту протягом учбового семестру.

Оцінювання (20 балів)

Підготовка до контрольної роботи за Розділами 4 і 5. 10 годин самостійної роботи. Контрольна робота містить два теоретичних узагальнюючих завдання та практичну задачу з чисельними розрахунками фізичних величин. Оцінювання (20 балів).

## 7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання, практичні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Головним практичним методом є лабораторні роботи. Під час проведення лабораторних робіт використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод; ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

## 8. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

- Поточний контроль передбачає 5 розрахунково-графічних робіт та 2 контрольні роботи що проводяться протягом учбового року. Виконання лабораторних робіт передбачає допуск до лабораторної роботи, під час якого викладач перевіряє готовність студента до виконання лабораторної роботи, а саме: знання вимог техніки безпеки, теоретичних основ і експериментальних методів, на яких побудовано лабораторну роботу, а також захист звіту за лабораторною роботою. Курсова робота виконується індивідуально за завданням, визначеним на початку семестру, та захищається студентом наприкінці семестру.

- Підсумковий семестровий контроль - екзамен в письмовій формі в 5-му та 6-му семестрах.

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен (залікова робота)	Сума
Поточний контроль	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
5-й семестр					
Розділ 1		6	6		
Розділ 2		5	5		
Розділ 3		5	5		
Самостійна робота	20		20		

Курсова робота		4	4		
Лабораторні заняття		20	20		
Разом			60	40	100
<b>6-й семестр</b>					
Розділ 4		20	20		
Розділ 5		20	20		
Самостійна робота	20		20		
Разом			60	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 30 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

### **Критерії оцінювання навчальних досягнень**

Критерії оцінювання **контрольної роботи**. Максимальна кількість балів за контрольну роботу 15 балів. Контрольна робота містить два теоретичних питання та задачу.

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 5 бал.
- Повна, але не розгорнута відповідь - 4 бал.
- Повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, - 3 бал.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 2 бал.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 5 бал.
- Студент отримав загальний розв'язок і неправильно вирахував числове значення відповіді - 4 бал.
- Студент отримав загальний розв'язок, але помилився в одиницях вимірювання - 3 бал.
- Студент правильно виписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 2 бал.
- Студент не повністю виписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 1 бал.
- Студент не правильно виписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній 0 балів.

Критерії оцінювання **розрахунково-графічної роботи**. Максимальна кількість балів за розрахунково-графічну роботу 15 балів. До розгляду приймаються тільки розрахунково-графічні роботи в яких розглянути усі теми лабораторних робіт, що передбачені до виконання в розділі за яким виконана розрахунково-графічна робота. Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи:

- Результати відповідають реальним значенням та збігаються в межах врахованої помилки з результатами контрольних вимірювань (контрольні вимірювання проводить викладач, інженер, лаборант). Графічні матеріали відповідають критеріям ДСТУ 3008-95 «ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ» - 15 балів.

– Результати відповідають реальним значенням та частково збігаються в межах врахованої помилки з результатами контрольних вимірювань (контрольні вимірювання проводить викладач, інженер, лаборант). Графічні матеріали відповідають критеріям ДСТУ 3008-95 «ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ» - 13 балів.

– Результати відповідають реальним значенням та збігаються в межах врахованої помилки з результатами контрольних вимірювань (контрольні вимірювання проводить викладач, інженер, лаборант). Графічні матеріали частково не відповідають критеріям ДСТУ 3008-95 «ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ» - 12 балів.

– Результати відповідають реальним значенням та частково збігаються в межах врахованої помилки з результатами контрольних вимірювань (контрольні вимірювання проводить викладач, інженер, лаборант). Графічні матеріали мають грубі невідповідності до критеріїв ДСТУ 3008-95 «ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ» - 10 балів.

– Результати відповідають реальним значенням та частково збігаються в межах врахованої помилки з результатами контрольних вимірювань (контрольні вимірювання проводить викладач, інженер, лаборант). Графічні матеріали, що зазначені в завданні до роботи представлені частково - 5 балів.

– Результати не відповідають реальним значенням та не збігаються в межах врахованої помилки з результатами контрольних вимірювань (контрольні вимірювання проводить викладач, інженер, лаборант) -0 балів.

**Підсумковий контроль** проводиться в формі екзамену. До складання екзамену можуть бути допущені студенти які набрали протягом семестру не менш 10 балів. Екзаменаційне завдання (білет містить два теоретичних питання та задачу).

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 10 балів.
- Повна, але не розгорнута відповідь - 9 балів.
- Повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, - 8 балів, за кожен наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 7 балів, за кожен наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 20 балів.
- Студент отримав загальний розв'язок і неправильно вирахував числове значення відповіді - 17 балів.
- Студент отримав загальний розв'язок, але помилився в одиницях вимірювання - 13 балів.
- Студент правильно вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 8 балів.
- Студент не повністю вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 2 бали.
- Студент не правильно вписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав на екзамені, 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.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	<b>відмінно</b>
70-89	<b>добре</b>
50-69	<b>задовільно</b>
1-49	<b>незадовільно</b>

### 10. Рекомендована література

#### Основна література

1. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика: Підручник. – К. : Знання, 2009. – 559 с.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика. К.: Техніка, 1999.- 520 с.
3. Bransden and C.J. Joachain, Physics of Atoms and Molecules (2nd edition), 2003.
4. Каденко І. М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К. 2019, 467 с.
5. Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. Основи квантової фізики: Навч. Посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2009.-420 с.
6. Г. А. Ільчук, О. С. Кушнір, О. В. Бовгира, А. І. Кашуба / За ред. Лопатинського І. Є/ Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. – Львів: Левада, 2021. – 220 с
7. Плюйко В.А., Солодовник К.М. Збірник задач з ядерної фізики з розв'язками, навчальне видання, Київ, 2020. - 50 с.

#### Допоміжна література

1. Гайда Р. П. Атомна фізика. – Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1965. – 356 с
2. Бушок Г. Ф. Курс фізики. Книга 3: Оптика. Фізика атома та атомного ядра. – Київ : Вища школа. – 2003. – 311 с
3. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник.- Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007.- 784 с..

### 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://dspace.univer.kharkov.ua/>
2. <http://physics-technology.karazin.ua/>
3. <https://sites.google.com/site/fizikaepid/atomna-i-aderna-fizika>
4. <http://twirpx.com>