


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

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**  
Декан фізичного факультету  
проф. Володимир ЛАЗУР  
“30” червня 2023 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА»**

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Освітня програма	Фізика. Інформатика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Ужгород – 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Атомна та ядерна фізика» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань **01 Освіта/Педагогіка**, спеціальності **014 Середня освіта**, предметної спеціальності **014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)**, освітньої програми «**Фізика. Інформатика**»


Розробники:

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

Плекан Руслан Мар'янович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теоретичної фізики.


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол № 10 від “25” травня 2023 р.

Завідувач кафедри  Мирослав КАРБОВАНЕЦЬ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол №10 від “28” червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Мирослав КАРБОВАНЕЦЬ

© Гайсак І.І., 2023 р.

© Плекан Р.М., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет, 2023 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС - 5	Рік підготовки:
Загальна кількість годин - 150	3-й
Кількість модулів - 4	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4	5-й
	Лекції
	40
	Практичні, семінарські
	34
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота
	76

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Атомна та ядерна фізика» належить до обов'язкової компоненти циклу освітньо-професійної підготовки освітньої програми «Фізика. Інформатика». Навчальним планом передбачено лекції, практичні заняття та лабораторні роботи. До складу дисципліни входять такі розділи фізичної науки: атомна фізика, ядерна фізика (фізика ядра та елементарних частинок).

Метою лекційного курсу навчальної дисципліни «Атомна та ядерна фізика» є вивчення фізичних властивостей мікросвіту і квантових явищ на атомно-молекулярному рівні, при масштабах атомного ядра, а також структури матерії на рівні фізики елементарних частинок і при високих енергіях. Завдання дисципліни: формування природничо-наукового світогляду майбутнього педагога; засвоєння базових понять, основних законів і концепцій фізичної науки, викладення експериментальних основ квантової фізики і розгляд явищ, обумовлених, в основному, природою електромагнітного випромінювання, атомів і молекул, атомного ядра і елементарних частинок. Студент повинен познайомитися з основними поняттями квантової (хвильової) механіки і особливостями квантово-механічного підходу до вивчення досліджуваних явищ на рівні мікросвіту. При цьому, як правило, необхідно обмежитися якісним підходом, звертаючись до строгого розв'язку хвильових рівнянь тільки в простих випадках.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни повинно сформулювати у здобувачів вищої освіти наступні компетентності:

<b>Інтегральна компетентність</b>	Здатність розв'язувати спеціалізовані практичні завдання в освітній галузі, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, предметних знань, психології, теорії та методики навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти.
<b>Загальні компетентності</b>	ЗК 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК 7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК 8. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
<b>Спеціальні (фахові) компетентності</b>	ФК 1. Здатність до формування в учнів ключових і предметних компетенцій та здійснення міжпредметних зв'язків. ФК 8. Здатність використовувати систематизовані теоретичні й практичні знання з фізики та методики навчання фізики у вирішенні професійних завдань. ФК 9. Володіння математичним апаратом фізики у межах, достатніх для вивчення загального курсу

	<p>фізики та її теоретичних курсів.</p> <p>ФК11. Здатність доцільно і критично застосовувати фізичні поняття, закони, принципи, теорії у поєднанні з необхідним математичним інструментарієм для пояснення фізичних явищ і процесів з використанням сучасних засобів навчання.</p> <p>ФК12. Здатність до організації та проведення шкільного фізичного експерименту із застосуванням всіх його видів в освітньому процесі з фізики.</p> <p>ФК13. Здатність розв'язувати задачі шкільного курсу фізики та інформатики різного рівня складності та пояснювати їх розв'язання учням.</p> <p>ФК15. Здатність до самостійної експериментальної діяльності з фізики та методики навчання фізики з описом, аналізом та критичним оцінюванням експериментальних даних.</p>
--	--

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумови вивчення навчальної дисципліни «Атомна та ядерна фізика» є володіння базовими знаннями з фізики і математики згідно програм загальноосвітньої середньої школи, а також опанування навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК 5	Математичний аналіз
ОК 8	Теорія ймовірностей і математична статистика
ОК 10	Теоретична механіка
ОК 11	Електродинаміка
ОК 23	Електрика і магнетизм
ОК 32	Фізичний практикум з атомної та ядерної фізики

#### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика. Інформатика», вивчення навчальної дисципліни «Атомна та ядерна фізика» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПНР):

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПНР</b>
Знає основні історичні етапи розвитку предметної області.	ПРН1
Уміє оперувати базовими категоріями та поняттями спеціальності.	ПРН5
Знає та розуміє основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики, структуру предметної галузі інформатики та методики їх навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.	ПРН13
Аналізує фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.	ПРН14
Знає, розуміє і демонструє здатність реалізовувати теоретичні й методичні засади навчання фізики для виконання освітньої програми в базовій середній школі.	ПРН16
Розв'язує задачі різних рівнів складності курсів фізики, знає методи розроблення та дослідження алгоритмів розв'язування задач з інформатики в базовій середній школі, чітко й раціонально пояснює розв'язки учням.	ПРН17
Користується математичним апаратом фізики, застосовує математичні та чисельні методи, що використовуються в курсі фізики базової середньої школи.	ПРН18

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, спеціальності 014 Середня освіта, предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія), освітньої програми «Фізика. Інформатика» після опанування навчальної дисципліни «Атомна та ядерна фізика»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знає основні історичні етапи розвитку атомної та ядерної фізики.	ПРН1
Вільно оперує базовими категоріями та поняттями спеціальності.	ПРН5
Знає, розуміє та використовує основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження атомної та ядерної фізики, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.	ПРН13
Вміє аналізувати фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.	ПРН14
Знає, розуміє і демонструє здатність реалізовувати теоретичні й методичні засади навчання атомної та ядерної фізики для виконання освітньої програми в базовій середній школі.	ПРН16
Розв'язує задачі різних рівнів складності курсу атомної та ядерної фізики, чітко й раціонально пояснює розв'язки учням.	ПРН17
Користується математичним апаратом фізики, застосовує математичні та чисельні методи в курсі атомної та ядерної фізики в базовій середній школі.	ПРН18

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Атомна та ядерна фізика» є екзамен.

Методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

- відповіді і виконання тестів на практичних завданнях;
- виконання індивідуальних завдань (розв'язування задач) самостійної роботи;
- виконання завдань модульних контрольних робіт;
- захист виконаних лабораторних робіт;

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- усне опитування та виконання тестових завдань;
- виконання завдань самостійної роботи.

Форма модульного контролю: складається з поточного контролю та оцінювання модульної контрольної роботи.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен.

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

Поточне оцінювання					Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	T5		
30			20		50	100

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

Поточне оцінювання					Модульна КР	Сума
T6	T7	T8	T9	T10		
30			20		50	100

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

Поточне оцінювання					Модульна КР	Сума
T11	T12	T13	T14	T15		
30			20		50	100

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

Поточне оцінювання					Модульна КР	Сума
T16	T17	T17	T19	T20		
20		30			50	100

### **Рейтингова системи оцінки знань студентів**

1. Рейтинг - це комплексний показник успішності студента, рівня його обізнаності в предметі, що вивчається. Цей показник характеризує якість знань, систематичність в роботі студента, його творчість, активність і самостійність.

2. Максимальна сума балів за всі види робіт (практичні, контрольні, самостійне вивчення, колоквіуми, підсумковий екзамен) з курсу становить 100 балів.

3. За кожну виконану і захищену лабораторну роботу виставляється максимальна кількість балів, визначена для кожної лабораторної роботи. При цьому враховується результати допуску до виконання завдань, якість одержаних результатів та оформлення роботи, розуміння фізичної суті досліджуваних явищ, вміння користуватись фізичними приладами та захист роботи.

4. Викладачі можуть встановлювати заохочувальні бали за активну участь в обговоренні теоретичного матеріалу та в розв'язку задач, творче виконання завдань, за додаткову індивідуальну роботу, яка сприяє поглибленому вивченню курсу (підготовка рефератів, участь в студентських олімпіадах, наукових

конференціях, конкурсах наукових робіт, активна робота в наукових гуртках, публікація статей), однак зальна сума балів курсу та відповідного фізичного практикуму не може перевищувати максимальну суму балів, визначену в п.2 та п.3.

5. Таким чином, рейтинг - це сума набраних студентом балів в першому семестрі 2-го курсу за різнобічну діяльність в опануванні курсом «Фізика ядра і елементарних частинок», яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

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

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю з курсу «Атомна та ядерна фізика»

Оцінки “відмінно” (A) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії.

Оцінки “дуже добре” (B) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив незначні неточності.

Оцінки “ добре” (C) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив неточності і помилки.

Оцінки “задовільно” (D) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення.

Оцінки “достатньо” (E) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо” виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

Оцінка “незадовільно” (FX) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань. Студенти, які не з’явилися на екзамен без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

Оцінка “неприйнятно” (F) виставляється студенту, не виконав повністю план навчальної дисципліни, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією.

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “зараховано” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи іспиту) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці E з кожного модуля. При цьому підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем і кількісно дорівнює сумі балів отриманих за кожен модуль з ваговим коефіцієнтом 0,2 та врахування оцінки НДРС (макс.10 б.) та реферату за шкільний курс фізики (макс.10 б.). Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи екзамен.

## **6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **6.1 Зміст навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Начала квантової механіки**

- Тема 1.** Корпускулярні властивості світла.
- Тема 2.** Модель атома Бора.
- Тема 3.** Хвильові властивості частинок.
- Тема 4.** Хвильове рівняння Шредінгера.
- Тема 5.** Гармонічний осцилятор.

#### **Змістовий модуль 2. Атом в квантовій механіці.**

- Тема 6.** Атом водню в квантовій механіці.
- Тема 7.** Спін електрона.
- Тема 8.** Багато електронні атоми.
- Тема 9.** Атом в електромагнітному полі.
- Тема 10.** Структура молекул.

#### **Змістовий модуль 3. Фізика ядра.**

- Тема 11.** Властивості ядра.
- Тема 12.** Радіоактивність.
- Тема 13.** Властивості ядерних сил.
- Тема 14.** Взаємодія випромінювання з речовиною.
- Тема 15.** Ядерні реакції.

#### **Змістовий модуль 4. Елементарні частинки.**

- Тема 16.** Закони збереження і симетрії в фізиці.
- Тема 17.** Кваркова модель гадронів.
- Тема 18.** Фундаментальні взаємодії.
- Тема 19.** Теорія великого вибуху.
- Тема 20.** Еволюція зірок. Нуклеосинтез.

### 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		Практичні заняття	Лабораторні роботи	Інд. р. студента	Самост. р. студента	
<b>3 курс, 6 семестр</b>						
<b>Модуль 1. Начала квантової механіки</b>						
Тема 1. Корпускулярні властивості світла.	8	2	2			4
Тема 2. Модель атома Бора.	8	2	2			4
Тема 3. Хвильові властивості частинок.	8	2	2			4
Тема 4. Хвильове рівняння Шредінгера.	8	2	2			4
Тема 5. Гармонічний осцилятор.	8	2	2			4
Разом за модуль	40	10	10			20
<b>Модуль 2. Атом в квантовій механіці</b>						
Тема 6. Атом водню в квантовій механіці.	8	2	2			4
Тема 7. Спін електрона.	6	2	2			2
Тема 8. Багато електронні атоми.	8	2	2			4
Тема 9. Атом в електромагнітному полі.	8	2	2			4
Тема 10. Структура молекул.	6	2				4
Разом за модуль	36	10	8			18
<b>Модуль 3. Фізика ядра</b>						
Тема 11. Властивості ядра.	8	2	2			4
Тема 12. Радіоактивність.	8	2	2			4
Тема 13. Властивості ядерних сил.	6	2				4
Тема 14. Взаємодія випромінювання з речовиною.	8	2	2			4
Тема 15. Ядерні реакції.	8	2	2			4
Разом за модуль	38	10	8			20
<b>Модуль 4. Елементарні частинки</b>						
Тема 16. Закони збереження і симетрії в фізиці.	6	2	2			2
Тема 17. Кваркова модель гадронів.	8	2	2			4
Тема 18. Фундаментальні взаємодії.	8	2	2			4
Тема 19. Теорія великого вибуху.	8	2	2			4

Тема 20. Еволюція зірок. Нуклеосинтез.	6	2			4
Разом за модуль	36	10	8		18
Разом за курс	150	40	34		76

### 6.3 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Випромінення абсолютно чорного тіла.	2
2	Електричний фотоефект.	2
3	Лінійчатий спектр атома водню.	2
4	Електромагнітна хвиля.	2
5	Хвильова функція простих систем.	2
6	Частинка в сферично симетричному полі.	2
7	Механічний і магнітний моменти.	2
8	Вироджені стани атому.	2
9	Нелінійний ефект Штарка.	2
10	Енергія зв'язку ядра.	2
11	Ядерна хронометрія.	2
12	Детектори елементарних частинок.	2
13	Порушення просторової парності в слабкій взаємодії.	2
14	Термоядерні реакції.	2
15	Механічні закони збереження.	2
16	Унітарна симетрія сильної взаємодії.	2
17	Стандартна модель.	2
	Разом	34

### 6.4 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Разом	

### 6.5 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Хвиля Де-Бройля.	4
2	Квантування Зоммерфельда.	4
3	Поляризація електромагнітної хвилі.	4
4	Задачі на зв'язаний стан для двовимірного простору.	4
5	Сферичний гармонічний осцилятор.	4
6	Диференціальні оператори скалярних і векторних полів.	4
7	Магнітний дипольний момент.	2

8	Принцип невизначеності Гейзенберга.	4
9	Атомна спектроскопія.	4
10	Молекулярна спектроскопія.	4
11	Магнітна мас-спектрометрія.	4
12	Хронологія відкриття в фізиці ядра.	4
13	Хвильова функція дейтрона.	4
14	Нейтронні детектори.	4
15	Ядерна енергетика.	4
16	Розв'язок задач при наявності симетрії.	2
17	Квантове число колір.	4
18	Рівняння Максвелла і закон збереження заряду.	4
19	Темна матерія і темна енергія.	4
20	Темні діри.	4
	Разом	76

### **Організація самостійної і індивідуальної роботи студентів**

Самостійна робота є складовою частиною вивчення дисципліни. Вона організовується згідно графіка самостійної роботи студентів, де вказується зміст самостійної роботи, форма контролю.

Самостійна робота студентів при вивченні дисципліни організовується на лекціях та практичних заняттях. Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторному практикумі де наявне повне методичне забезпечення курсу.

При самостійній роботі над лекційним курсом рекомендується використати записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. Для зручності використання навчальних посібників студенти повністю забезпечуються розширеною програмою з вказаними розділами і параграфами.

## **7. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна**

Технічні засоби: Мультимедійний проектор, інтерактивна дошка.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, веб-камери, лабораторне обладнання навчальної лабораторії з атомної та ядерної фізики.

Програмне забезпечення: Microsoft Office.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет.

Конспекти аудиторних занять з дисципліни “Атомна та ядерна фізика”, методичне забезпечення самостійної підготовки студентів, завдання та тематика контрольних робіт для студентів, методичні матеріали до самостійних занять та методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань.

## **8. Рекомендована література**

### **8.1. Базова**

1. Рачковський О. М., Оптасюк С. В., Чорна О. Г. Загальна фізика «Атомна і ядерна фізика» (теорія + практика + експеримент): навчально-методичний посібник для студентів фізико-математичного факультету, спеціальності: 014 Середня освіта (Фізика) [Електронний ресурс]. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2023. 150 с.
2. Маргітич М.О., Грицак Р.В., Шафраньош І.І. Квантова фізика, фізичний практикум. Навчальний посібник. – Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Видавництво «Говерла», 2021 р. – 154 с.
3. Ільчук А., Кушнір О.С., Бовгира О.В., Кашуба А.І. / За ред. Лопатинського І. Є/ Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. – Львів: Левада, 2021. – 220 с.
4. Карбованець М.І., Лазур В.Ю., Нодь Є.А. Практикум з квантової механіки: практикум. – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2022. – 97 с.
5. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика: Підручник. – К. : Знання, 2009. – 559 с.
6. Грищук А.М., Корнійчук П.П. – Конспект лекцій та практичних завдань із «Фізики ядра та елементарних частинок» для спеціальності «104 Фізика та астрономія». – Житомир: ЖДУ, 2023. – 115с.

7. Білінський Ігор. Теорія ядра та процеси в ньому. Фізика атомного ядра: Навчальний посібник. – Дрогобич : Видавничий відділ ДДПУ ім. І. Франка, 2021. – 75 с.
8. Мирончук Г.Л., Кевшин А. Г., Галян В.В. Фізика ядра і елементарних частинок : задачі. Луцьк : Вежа-Друк, 2022. 28 с.

## 8.2. Допоміжна

1. Кобушкін, О. П. Атомна фізика [Електронний ресурс] : [підручник] / О. П. Кобушкін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 310 с.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Кн.3. - К.:Вища школа.- 2003.-311с..
3. Мирончук Г.Л., Кевшин А. Г. Фізика ядра і елементарних частинок: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Луцьк : Волин. нац. ун-т. ім. Лесі Українки, 2022. – 43 с.
4. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика: Підручник. –К.: Знання. 2005. – 431 с.: іл.
5. Ситенко О.І., Тартаковський В.К. Теорія ядра: Навч. посібник. – К.: Либідь. – 2000. – 607 с.