

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра квантової електроніки**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету

проф. \_\_\_\_\_  Лазур В.Ю.

«30» червня 2022 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС) НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«АТОМНА ФІЗИКА»  
(ОК 09)**

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика та астрономія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська


Ужгород 2022

Робоча програма навчальної дисципліни «**Атомна фізика**» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 104 Фізика та астрономія освітньої програми Фізика та астрономія.

**Розробники:** Шуаїбов О.К., доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри квантової електроніки УжНУ, Маргітич М.О., кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової електроніки УжНУ

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри квантової електроніки, протокол №10 від «23» червня 2022 р.

Завідувач кафедри  проф. Шафраньош І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету, протокол №11 від «30» червня 2022 р.  
Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 90	<b>3</b>
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: 3 аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 1	<b>5</b>
	Лекції:
	<b>30</b>
	Практичні (семінарські):
	<b>14</b>
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	<b>46</b>

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Атомна фізика»

Фундаментальність підготовки спеціалістів у будь-якій із галузей природничих чи технічних наук полягає у знанні основних законів природи та вмінні їх використовувати під час розв'язку конкретних практичних завдань дослідницької роботи та сфери матеріального виробництва.

**Атомна фізика** є одним з основних розділів курсу загальної фізики.

**Метою** курсу є, з одного боку, висвітлення ідей, що привели до розуміння непридатності класичної фізики для дослідження мікросвіту, а з іншого - формування квантових уявлень про природу атомів і молекул, їх будову, властивості і взаємодії.

**Особливістю** курсу є те, що основні поняття, які вводяться в курсі, принципово відрізняються від звичних понять класичної фізики і не мають в

ній аналогів (наприклад, корпускулярно-хвильовий дуалізм, співвідношення невизначеностей та ін.). Крім того, в межах відведених годин даний курс не може охопити всього спектру проблем сучасної квантової фізики і обмежений в демонстраціях із-за їх складності. Все це вимагає підвищеної уваги при засвоєнні матеріалу на лекціях і лабораторних заняттях та інтенсивної самостійної роботи студента.

Під час навчання застосовуються:

- метод проблемно-орієнтованого навчання;
- стратегія активного навчання, за якою зв'язок педагога зі студентами здійснюється за допомогою опитувань, самостійних, контрольних робіт, тестів тощо.

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, платформа дистанційного навчання e-learn uzhnu на основі системи Moodle, сервіс для проведення онлайн-нарад Google Meet, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

– Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у студентів таких **компетентностей**:

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

**загальні компетентності:**

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.;

K07. Навички здійснення безпечної діяльності.

**фахові компетентності:**

K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії;

K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів;

K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень;

K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту;

K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей;

К29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Атомна фізика» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК 5 Механіка з елементами теорії ввідносності;

ОК 6 Термодинаміка й молекулярна фізика;

ОК 7 Електрика і магнетизм;

ОК 8 Оптика;

ОК 12 Математичний аналіз.

### 4.ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми **Фізико-математичні науки**, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення студентами програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.	ПР01.
Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.	ПР02.
Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	ПР03
Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	ПР23

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- модульні контрольні роботи;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- іспит.

Форми поточного контролю:

- індивідуальне та групове опитування;
- контрольна робота;
- розрахункові завдання;
- тести;
- захист виконаних лабораторних завдань.

Форма модульного контролю:

Модульний контроль здійснюється в формі виконання студентом модульного контрольного завдання (контрольної роботи, тесту, колоквиуму тощо) згідно затвердженого кафедрою графіку.

Форма підсумкового семестрового контролю: іспит.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «АТОМНА ФІЗИКА»

### Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ. Предмет і завдання квантової фізики.

Тема 2. Теплове випромінювання. Корпускулярні властивості випромінювання.

Тема 3. Класична модель атома. Теорія Бора для атома гідрогену.

Тема 4. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля.

### Змістовий модуль 2.

Тема 5. Хвильова функція та її властивості.

Тема 6. Основи квантової механіки. Рівняння Шредінгера.

Тема 7. Застосування рівняння Шредінгера до найпростіших задач квантової механіки.

Тема 8. Рівняння Шредінгера для атома гідрогену.

### Змістовий модуль 3.

Тема 9. Фізичні основи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва.

Тема 10. Векторна модель багатоелектронних атомів.

Тема 11. Спектри лужних металів.

### Змістовий модуль 4.

Тема 12. Будова і спектри молекул.

Тема 13. Оптичні квантові підсилювачі та генератори.

Тема 14 Основи фізики твердого тіла. Поняття про зонну теорію твердого тіла.

## 7. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «АТОМНА ФІЗИКА»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Усього	у тому числі		
		Лк	Пр.	с.р.
1	2	3	4	6
<b>Модуль 1</b>				
<b>Змістовий модуль 1.</b>				
Тема 1. Вступ. Предмет і завдання квантової фізики.	1	1		
Тема 2. Теплове випромінювання. Корпускулярні властивості випромінювання.	7	1	2	4
Тема 3. Класична модель атома. Теорія Бора для атома гідрогену.	8	2	2	4
Тема 4. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля.	7	2	2	3
Разом за змістовим модулем 1	23	6	6	11
<b>Змістовий модуль 2.</b>				
Тема 5. Хвильова функція та її властивості.	6	2	2	3
Тема 6. Основи квантової механіки. Рівняння Шредінгера.	7	2	2	3
Тема 7. Застосування рівняння Шредінгера до найпростіших задач квантової механіки.	9	2	4	3
Тема 8. Рівняння Шредінгера для атома гідрогену.	5	2		3
Разом за змістовим модулем 2	28	8	8	12
<b>Модуль 2</b>				
<b>Змістовий модуль 3.</b>				
Тема 9. Фізичні основи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва.	8	4		4
Тема 10. Векторна модель багатоелектронних атомів.	6	2		4
Тема 11. Спектри лужних металів.	6	2		4
Разом за змістовим модулем 3	20	8		12
<b>Змістовий модуль 4.</b>				
Тема 12. Будова і спектри молекул.	8	4		4
Тема 13. Оптичні квантові підсилювачі та генератори.	6	2		4
Тема 14 Основи фізики твердого тіла. Поняття про зонну теорію твердого тіла.	5	2		3
Разом за змістовим модулем 3	19	8		11
<b>Разом за семестр:</b>	90	30	14	46

## 8. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

Семінарських занять немає

## 9. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ практичного заняття	Тема заняття	Кількість годин	Література
1.	Корпускулярні властивості випромінювання.	2	[1-3,8,9]
2.	Класична і модель атома.	2	[1-3,8,9]
3.	Хвильові властивості матерії	2	[1-3,8,9]
4.	Хвильова функція та її властивості.	2	[1-3,8,9]
5.	Рівняння Шредінгера та його властивості.	2	[1-3,8,9]
6.	Найпростіші задачі квантової механіки	4	[1-3,8,9]

## 11. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ модуля	Зміст	Кількість годин	Літера-тура
1.	Світлові кванти.	4	[1- 3, 5- 7]
	Теорія Бора для атома гідрогену	4	
	Гіпотеза де Бройля та її експериментальне підтвердження	4	
	Хвильова функція та її властивості	4	
2.	Основи квантової механіки.	4	[1- 3, 5-7]
3.	Розв'язування найпростіших задач з квантової механіки	4	[1- 3, 5-7]
4.	Векторна модель багатоелектронних атомів.	6	[1- 3, 5-7]
5.	Спектри лужних металів	6	[1- 3, 5-7]
6.	Будова і спектри молекул	4	[1- 3, 5-7]

## 11. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Схема системи оцінки знань студентів

№ п/п	Вид роботи			Загальна кількість балів	
1.	Практичні заняття			30	
2.	Модульна контрольна робота			30	
3.	Лабораторний практикум				
	Номер лабораторної роботи	Кількість балів за:			
		колоквіум	виконання експерименту	захист	
	1-8	2	2	1	40
<b>Всього:</b>				<b>100</b>	

Кількість балів, яку набрав студент з курсу «Атомна фізика», визначається як сума кількості балів з відповідних модулів дисципліни. Загальна кількість балів складає 100%. Переведення кількості набраних балів в оцінку здійснюється згідно шкали оцінювання.

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

### 13. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

1. Короткий історичний огляд розвитку сучасних уявлень про будову атома.
2. Корпускулярні властивості частинок. Світлові кванти. Фотоефект.
3. Ефект Комптона. Фотони.
4. Класична модель атома. Досліди Резерфорда з розсіяння  $\alpha$ -частинок. Планетарна модель атома.
5. Досліди Франка і Герца. Доказ існування дискретних енергетичних станів атомів.
6. Визначення потенціалів збудження та іонізації атомів.
7. Серії в спектрі атомарного водню. Узагальнена формула Бальмера. Комбінаційний принцип Рітца.
8. Постулати Бора. Теорія Бора для атому водню. Колові орбіти.
9. Труднощі теорії Бора.
10. Оптико-механічна аналогія. Гіпотеза де Бройля.
11. Експериментальне підтвердження гіпотези де Бройля.
12. Фізичний зміст хвильової функції. Умови нормування і ортогональності хвильових функцій.
13. Рівняння монохроматичної хвилі де Бройля. Властивості хвиль де Бройля.
14. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. Помилкові тлумачення співвідношень невизначеностей.
15. Застосування співвідношень невизначеностей для оцінки природньої ширини спектральних ліній та потенціалу іонізації атому водню.
16. Рівняння Шредінгера. Умови, що накладаються на його розв'язок.
17. Відбивання і проходження частинки через потенційний бар'єр. Прозорість потенціального бар'єру.
18. Автоелектронна емісія з металів. Тунельний ефект.
19. Частинка в потенціальній ямі. Квантування енергії частинки.
20. Розв'язок рівняння Шредінгера для гармонічного осцилятора.
21. Рівняння Шредінгера для атома гідрогену. Кутовий і радіальний розподіл електронної густини для атома гідрогену.
22. Фізичний зміст квантових чисел.
23. Імовірності переходів. Коефіцієнти Айнштайна і зв'язок між ними.
24. Правила відбору для квантових чисел при електронних переходах в атомах.
25. Середній час життя атомів у збуджених станах. Оцінка радіаційної ширини спектральної лінії. Розширення спектральних ліній.
26. Спектри лужних металів. Енергія рівнів атомів лужних металів. Квантовий дефект. Дублетне розщеплення рівнів атомів лужних металів.
27. Векторна модель атома. Загальні принципи зв'язку Рассела-Саундерса та  $j-j$  зв'язку і області їх застосування.
28. Принцип Паулі і заповнення електронних оболонок атомів. Фізичне пояснення періодичної системи елементів.
29. Іонний і ковалентний зв'язок в молекулах. Види руху в молекулі і типи молекулярних спектрів.
30. Електронні спектри молекул і їх коливально-обертובה структура.
31. Розподіл інтенсивностей в спектрах двоатомних молекул. Принцип Франка-Кондона.
32. Основи теорії оптичних квантових підсилювачів і генераторів. Від'ємний коефіцієнт поглинання. Методи створення інверсної заселеності рівнів.
33. Основні типи квантових генераторів. Застосування квантових генераторів.
34. Основи зонної теорії твердого тіла. Розширення енергетичних рівнів атомів до зон при утворенні твердих тіл.
35. Елементарні електронні збудження в твердих тілах.

**14. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА****Базова**

1. І.О.Вакарчук. Квантова механіка. - Львів, ЛНУ ім. І.Франка, 2004, - 784 с.
2. М.У.Білий. Атомна фізика. - Київ, "Знання", 2009, -559 с.
3. І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук. Оптика. Квантова фізика.т.3. -К.: Техніка. -1999, -511 с.
4. Г.Ф.Бушок, Є.Ф.Венгер. Курс фізики. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Кн.3. - К.:Вища школа.- 2003.-311с.
5. М.О.Маргігич, Р.В.Грицак, І.І.Шафраньош. Квантова фізика. Фізичний практикум. - Навч. пос. - Ужгород, "Говерла", 2021, 148 с.

**Допоміжна**

6. О.П.Кобушкін. Атомна фізика – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 310 с.
7. Практичні заняття з «Загальної фізики». Атомна і ядерна фізика : навч. посіб. / уклад. : О. В. Саєнко, В. В. Іванко - Полтава : ПНПУ імені В. Г Короленка, 2018. - 120 с.
8. Гайда Р. П. Атомна фізика. -Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1965. -356 с.
9. Max Born. Atomic Physics: 8th Edition. - Dover Publications,2013. - 544 p.