Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету



_____ Руслан ВОВК

«__» _____ 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Атомна спектроскопія

Рівень вищої освіти	**перший (бакалаврський)**
Галузь знань	**10 – природничі науки**
Спеціальність	**104 – фізика та астрономія**
Освітня програма	**фізика**
Спеціалізація	
Вид дисципліни	**за вибором**
Факультет	**фізичний**

2025 / 2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету.

Протокол від 29.08.2025 р. № 10.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Макаровський Микола Олександрович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент каф. фізичної оптики
Мироненко Ірина Вікторівна, доктор філософії, доцент каф. фізичної оптики

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної оптики.

Протокол від 27.08.2025 р. № 1.

В. о. завідувача кафедри фізичної оптики _____ Сергій ТАРАПОВ

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Фізика».

Гарант освітньо-професійної програми

_____ Олег ЛАЗОРЕНКО

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від 28.08.2025 р. № 5.

Голова методичної комісії _____ Микола МАКАРОВСЬКИЙ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Атомна спектроскопія» складена відповідно до освітньої програми підготовки «бакалавр» зі спеціальності «104 – фізика та астрономія», освітньо-професійна програма «Фізика».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – оволодіти основоположними уявленнями про оптичні властивості атомних спектрів елементів періодичної системи Д.І. Мендєлєєва, про експериментальні дослідження таких спектрів та про фізичну природу тих оптичних властивостей, що можуть бути пояснені у рамках класичної квантової теорії.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – вивчити матеріал щодо оптичних властивостей різноманітних спектрів атомів в рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- 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 складністю та невизначеністю умов (ІК 1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 3).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК 5).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків (ЗК 9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК 12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК 13).
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК 1).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК 7).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК 8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК 9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК 10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК 12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК 13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК 14).

1.3. Кількість кредитів – 3.

1.4. Загальна кількість годин – 90.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
~~Нормативна~~ / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	
Семестр	
5-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
не передбачено навчальним планом	
Лабораторні заняття	
не передбачено навчальним планом	
Самостійна робота	
58 год.	
в тому числі індивідуальні завдання	
курсова робота: 20 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні положення теорії атомної спектроскопії, опис основних типів спектрів атомів, головні відомі експериментальні результати досліджень оптичних властивостей таких спектрів.

вміти: застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних при дослідженнях оптичних властивостей спектрів атомів, визначати хімічний елемент за його спектром.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- 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 та/або астрономії (ПРН 1).
- 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 (ПРН 2).
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН 3).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН 5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН 6).

- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН 7).
- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань (ПРН 8).
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН 11).
- Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень (ПРН 13).
- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду (ПРН 17).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН 22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН 23).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН 25).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Типи спектрів. Основи теорії Н. Бора. Типи зв`язків між моментами

Тема 1. Вступ. Предмет та задачі атомної спектроскопії. Спільність усіх видів спектроскопії, обумовлена спільною природою електромагнітного випромінювання. Природа спектральних термів.
Тема 2. Основи теорії Н. Бора. Модель кругових орбіт. Модель еліптичних орбіт.
Тема 3. Принцип відповідності. Ефект Зеємана. Модель просторового квантування.
Тема 4. Спектри лужних металів. Спін. Векторна схема одноелектронного атома.
Тема 5. Векторна схема багатоелектронного атома. Спектр атома гелію. Спектри атомів з двома валентними електронами.
Тема 6. Типи зв`язків між моментами. Рессель-Саундерсовський та J-J зв`язок.
Тема 7. Метастабільні рівні на прикладах спектрів гелію та ртуті.

Розділ 2. Теорія електронних оболонок. Вплив зовнішніх магнітного та електричного полів на спектри атомів. Надтонка структура спектральних ліній

Тема 1. Еквівалентні електрони. Зміщені терми. Негативні терми.
Тема 2. Великі та малі періоди періодичної системи елементів. Характерні спектри елементів.
Тема 3. Аномальний ефект Зеємана. Правила Рунге та Престона. Фактор Ланде.
Тема 4. Вплив гіромагнітного відношення на типи розщеплення спектральних ліній.
Тема 5. Ефект Пашена-Бака. Квадратичний ефект Зеємана. Ефект Штарка.
Тема 6. Надтонка структура спектральних ліній. Гіпотеза Паулі.
Тема 7. Ізотопічний зсув енергетичних рівнів. Вплив ізотопічного складу на надтонку структуру спектральних ліній.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. *Типи спектрів. Основи теорії Н. Бора. Типи зв`язків між моментами*												
Тема 1	4	2				2						
Тема 2	5	2				3						
Тема 3	4	2				2						
Тема 4	5	2				3						
Тема 5	5	3				2						
Тема 6	7	3				4						
Тема 7	5	2				3						
Разом за розділом 1	35	16				19						
Розділ 2. *Теорія електронних оболонок. Вплив зовнішніх електричного та магнітного полів на спектри атомів. Надтонка структура спектральних ліній*												
Тема 1	4	2				2						
Тема 2	6	3				3						
Тема 3	6	3				3						
Тема 4	4	2				2						
Тема 5	5	2				3						
Тема 6	4	2				2						
Тема 7	6	2				4						
Разом за розділом 2	35	16				19						
Індивідуальні завдання												
Курсова робота	20					20						
Усього годин	90	32				58						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Семінарські (практичні, лабораторні) заняття навчальним планом не передбачені.

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Емпіричні закономірності. Серія Бальмера. Формула Рідберга. Досліди Франка та Герца.	2
2	Визначення сталої Рідберга через інші фізичні константи. Площинна прецесія Зоммерфельда.	3
3	Визначення зв`язку між магнітним та механічним моментами атомів. Кругова та лінійна поляризації світла в ефекті Зеємана.	2
4	Модель іонного остову та модель проникаючих орбіт. Особливості спектрів лужних металів. Гіромагнітне відношення.	3
5	Спін-орбітальний зв`язок. Визначення мультиплетності термів.	2
6	Відмінності між L-S та J-J зв`язками між моментами.	4
7	Синглети та триплети у спектральних серіях гелію та ртуті.	3
8	Наслідки одночасового збудження двох електронів. Додаткові	2

	стани двохвалентних атомів. Парні та непарні терми.	
9	Принцип Паулі та енергетичний принцип. Періодичність властивостей елементів та відповідні особливості спектрів.	3
10	Фізичні умови спостереження аномального ефекту Зеємана.	3
11	Визначення типу магнітного розщеплення спектральних ліній за величинами фактору Ланде та зворотна задача.	2
12	Фізичні умови спостереження квадратичного ефекту Зеємана. Спільність ефекту Штарка та ефекту Зеємана.	3
13	Додаткові квантові числа у векторній моделі атома з урахуванням ядерного спіна. Визначення ядерних моментів.	2
14	Порушення правил відбору внаслідок впливу ізотопічного зсуву на прикладі надтонкої структури спектру ртуті.	4
15	Індивідуальне завдання (курсова робота)	20
	Разом	58

6. Індивідуальні завдання

№ з/п	Теми курсових робіт
1	Емпіричні закономірності, виявлені першими дослідженнями фізичної природи спектрів. Результати дослідження спектра водню Я. Бальмером.
2	Від планетарної моделі атома Е. Резерфорда до квантової моделі Н. Бора. Спільність та відмінність цих моделей.
3	Обгрунтування моделі еліптичних орбіт з використанням законів Кеплера.
4	Ефект Зеємана та його пояснення у термінах моделі просторового квантування.
5	Від Бальмера до Рідберга. Спектральні серії лужних металів.
6	Недоліки квантової моделі атома водню, що призвели до необхідності уявлення про спін.
7	Спін-орбітальна взаємодія між моментами: фізичний зміст та її проявлення у спектрах атомів.
8	Модель Рессель-Саундерсівського зв`язку між моментами та її застосування при поясненні особливостей спектрів багатоелектронних атомів.
9	Фізичне обгрунтування існування метастабільних рівнів.
10	Еквівалентні електрони. Пояснення особливостей спектру гелія.
11	Пояснення періодичного закону розміщення хімічних елементів згідно з уявленням Н. Бора щодо електронних оболонок.
12	Вплив зовнішніх електричного та магнітного полів на спектри атомів.
13	Умови проявлення різних типів ефекта Зеємана: нормального, аномального, квадратичного. Ефект Пашена-Бака.
14	Структура спектральних ліній. Тонка і надтонка структура.
15	Векторна схема багатоелектронного атома, доповнена спіновим моментом ядра.
16	Вплив існування ізотопів на особливості структури спектральних ліній.

7. Методи навчання

1. Проведення лекційних занять
2. Самостійна робота студентів з вивчення додаткових матеріалів з курсу

8. Методи контролю

1. Поточний контроль при проведенні аудиторних занять
2. Індивідуальне завдання: курсова робота
3. Залік

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Залікова робота	Сума
Поточний контроль на заняттях, Розділ 1	Поточний контроль на заняттях, Розділ 2	Індивідуальне завдання (курсова робота)	Разом		
7	8	15	30	70	100

Досягнення студентів з навчальної дисципліни «Атомна спектроскопія» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається з 60 балів, які студент може отримати протягом семестру, та 40 балів, які може отримати при проходженні підсумкового контролю у вигляді заліку.

60 балів протягом семестру – це 10 балів за виконання індивідуального завдання (курсової роботи) та по 10 балів, які нараховуються при проведенні лекційних занять та тестів після деяких з них. Останні нараховуються за відповіді на усні запитання, поставлені викладачем, по одному балу за заняття, починаючи з другого заняття (15 з 16 лекційних занять: 7 в рамках Розділу 1 та 8 в рамках Розділу 2).

Залік проводиться у письмовому вигляді шляхом написання студентами відповідей на поставлені запитання. Максимальною оцінкою за залікову роботу є 40 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90–100	відмінно	зараховано
70–89	добре	
50–69	задовільно	
1–49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Білий М. У., Охрименко Б. А. Атомна фізика. – «Знання», Київ, 2009. – 559 с.
2. Kuhn H. G. Atomic Spectra. – Academic Press, New York, 1962. – 436 p.

Допоміжна література

1. Бойчук В., Коцюбинський В., Федорченко С. Спектральні методи. – ПНУ імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, 2021. – 253 с.
2. Мельничук Д. О., Мельничук С. Д. та ін. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу. – НУБіП України, Київ, 2016. – 289 с.