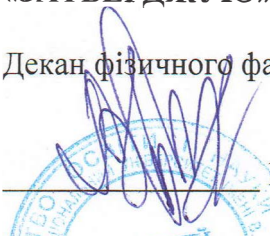


Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету


Руслан БОБК

« 29 » Серпня

2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вибрані розділи сучасної оптики і лазерної фізики

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 – природничі науки
Спеціальність	Е5 – фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика та астрономія
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.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Тарапов Сергій Іванович, Член-кореспондент НАНУ, доктор фіз.-мат. наук,
професор 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-наукової програми «Фізика та астрономія».

Гарант освітньо-наукової програми

Руслан БОБК

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від 28.08.2025 р. № 5.

Голова методичної комісії

Микола МАКАРОВСЬКИЙ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Вибрані розділи сучасної оптики і лазерної фізики» складена відповідно до освітньо-наукової програми «Фізика та астрономія» підготовки освітньо-кваліфікаційного рівня доктор філософії спеціальності 104 Фізика та астрономія.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – оволодіти основоположними уявленнями про оптичні властивості атомних спектрів елементів періодичної системи Д.І. Менделєєва, 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 у рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно.

1.3. Кількість кредитів – 5.

1.4. Загальна кількість годин – 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Вид кінцевого контролю: екзамен	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	
Семестр	
5-й	
Лекції	
30 год.	
Практичні, семінарські заняття	
не передбачено навчальним планом	
Лабораторні заняття	
не передбачено навчальним планом	
Самостійна робота	
120 год.	
індивідуальні завдання	
не плануються	
Консультації протягом семестра	
1	
Проведення екзамену	
2	
Перевірка екзамену	
1,32	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення цієї навчальної дисципліни 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.

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 із 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	7	2				5						
Тема 2	12	2				10						
Тема 3	12	2				10						
Тема 4	12	2				10						
Тема 5	12	2				10						
Тема 6	12	2				10						
Тема 7	8	3				5						
Разом за розділом 1	75	15				60						
Розділ 2. Теорія електронних оболонок. Вплив зовнішніх електричного та магнітного полів на спектри атомів. Надтонка структура спектральних ліній												
Тема 1	7	2				5						
Тема 2	12	2				10						
Тема 3	12	2				10						
Тема 4	12	2				10						

Тема 5	12	2				10						
Тема 6	12	2				10						
Тема 7	8	3				5						
Разом за розділом 2	75	15				60						
Індивідуальні завдання												
Усього годин	150	30				120						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

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

5. Завдання для самостійної роботи

Поглиблене вивчення тем робочої програми, наведених нижче

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Емпіричні закономірності. Серія Бальмера. Формула Рідберга. Досліди Франка та Герца.	10
2	Визначення сталої Рідберга через інші фізичні константи. Площинна прецесія Зоммерфельда.	10
3	Визначення зв'язку між магнітним та механічним моментами атомів. Кругова та лінійна поляризації світла в ефекті Зеємана.	10
4	Модель іонного остову та модель проникаючих орбіт. Особливості спектрів лужних металів. Гіромагнітне відношення.	10
5	Спін-орбітальний зв'язок. Визначення мультиплетності термів.	10
6	Відмінності між L-S та J-J зв'язками між моментами.	10
7	Синглети та триплети у спектральних серіях гелію та ртуті.	10
8	Наслідки одночасового збудження двох електронів. Додаткові стани двохвалентних атомів. Парні та непарні терми.	10
9	Принцип Паулі та енергетичний принцип. Періодичність властивостей елементів та відповідні особливості спектрів.	10
10	Фізичні умови спостереження аномального ефекту Зеємана.	10
11	Визначення типу магнітного розщеплення спектральних ліній за величинами фактору Ланде та зворотна задача.	5
12	Фізичні умови спостереження квадратичного ефекту Зеємана. Спільність ефекту Штарка та ефекту Зеємана.	5
13	Додаткові квантові числа у векторній моделі атома з урахуванням ядерного спіна. Визначення ядерних моментів.	5
14	Порушення правил відбору внаслідок впливу ізотопічного зсуву на прикладі надтонкої структури спектру ртуті.	5
	Разом	120

Звіт про самостійну роботу є підготовка реферату за однієї з наведених нижче тем.

№ з/п	Теми рефератів
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	Обґрунтування моделі еліптичних орбіт з використанням законів Кеплера.

4	Ефект Зеемана та його пояснення у термінах моделі просторового квантування.
5	Від Бальмера до Рідберга. Спектральні серії лужних металів.
6	Недоліки квантової моделі атома водню, що привели до необхідності уявлення про спіни.
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 обґрунтування існування метастабільних рівнів.
10	Еквівалентні електрони. Пояснення особливостей спектру гелію.
11	Пояснення періодичного закону розміщення хімічних елементів згідно з уявленням Н. Бора щодо заповнення електронних оболонок.
12	Вплив зовнішніх електричного та магнітного полів на спектри атомів.
13	Умови прояву різних типів ефекту Зеемана: 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.

6. Індивідуальні завдання

Не плануються.

7. Методи навчання

Методи навчання: словесні методи усного викладу знань (репродуктивний метод, пояснювально-ілюстративний, метод проблемне викладання): лекція, бесіда; наочні методи: використання ілюстративного матеріалу; практичні методи: самостійна робота аспірантів з осмислення й засвоєння нового матеріалу, робота аспірантів із навчальною літературою. Під час самостійної роботи аспірантів використовуються такі методи навчання: частково-пошуковий, дослідницький метод.

8. Методи контролю

1. Поточний контроль при проведенні аудиторних занять.
2. Підсумковий контроль. Екзамен.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен	Сума
Поточний контроль на заняттях, Розділ 1	Поточний контроль на заняттях, Розділ 2	Реферат на обрану тему	Разом		
10	10	20	40	60	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) аспірант повинен набрати не менше 10 балів із навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень аспірантів із навчальної дисципліни «Вибрані розділи сучасної оптики і лазерної фізики»

Досягнення аспірантів із навчальної дисципліни «Вибрані розділи сучасної оптики і лазерної фізики» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається з 40 балів, які аспірант може отримати протягом семестру, та 60 балів, які може отримати при проходженні підсумкового контролю у вигляді екзамену. 40 балів

протягом семестру – це 20 балів за виконання реферату за обраною темою та 20 балів, які нараховуються за результатами поточного контролю при проведенні лекційних занять.

Екзамен проводиться у письмовому вигляді шляхом написання аспірантами відповідей на поставлені запитання.

Завдання для екзаменаційної роботи складається із 4 тестів відкритого типу, сформульованих у вигляді конкретних вузлових питань за програмою навчальної дисципліни. Вичерпна відповідь на кожне з них повинна бути аргументованою, чітко, логічно та послідовно викладеною. За необхідності висновки повинен підсумовувати або узагальнювати викладене. Правильне виконання кожного з 4 тестів, що входять у екзаменаційне завдання, оцінюється в 15 балів.

Шкала оцінювання

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

10. Рекомендована література

Основна література

- 1...Introduction to Solid State Physics, Ch. Kittel, J. Wiley Sons, 8th ed. (2005).
2. Magnetic Resonance for Optoelectronic Materials Investigating, S.I. Tarapov, Yu.P. Machekhin, and A.S. Zamkovoy, Collegium, Kharkov (2008)
3. Classical Electrodynamics, J. Jackson, (1962).
4. Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy: Fundamentals, Patrick Bertrand, 2020, ISBN-13: 978-3-030-39663-3, Springer <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-39663-3>
5. Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy: Applications, Patrick Bertrand, 2020, ISBN-13: 978-3-030-39668-8 (eBook) <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-39668-8>
6. Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy – Recent Research and Applications, Shagufta Perveen, 2025, ISBN-13: 978-1-83635-220-4, <https://www.bol.com/nl/nl/p/nuclear-magnetic-resonance-spectroscopy-recent-research-and-applications/9300000246514410/>
- 7.Находкін М. Г. Атомна фізика: підручник / М.Г. Находкін, Н.П. Харченко. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 551с.
- 8.Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика: Підручник. – К.: Знання, 2009. – 559 с.
9. Atomic and Molecular Spectroscopy: Basic Aspects and Practical Applications, 5th Edition , Sune Svanberg, ISBN: 978-3-031-04776-3, Springer Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-04776-3>

ДОПОМІЖНА ЛІТЕРАТУРА

- 1...Magnetoresonance Properties of Manganite $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0.15; 0.225; 0.3; 0.45; 0.6$), Kalmykova T.V.; Nedukh S.V.; Polevoy S.Yu.; Kharchenko A.A.; Tarapov S.I.; Belozorov D.P.; Pogorily A.N.; Polek T.I.; Pashchenko V.A.; Bludov O.M., Low Temperature Physics, 2015, v.41, N.4, p. 273-278.
- 2.. A Planar Photonic Crystal-Based Resonance Cell for Ferromagnetic Resonance Spectrometer, A.A. Girich, M.A. Miliaiev, S.V. Nedukh, A. Shuba, S.I. Tarapov, Telecommunications and Radio Engineering, 2014, v. 73, N8, p.749-755.

3. Standing spin waves in perpendicularly magnetized circular dots at millimeter waves, S.V. Nedukh, S.I. Tarapov, D.P. Belozorov, A.A. Kharchenko, V.O. Golub, I.V. Kilimchuk, O.Y. Salyuk, E.V. Tartakovskaya, S.A. Bunyaev, and G.N. Kakazey, *Journal of Applied Physics*, 2013, v.113, p.17B521(1-3).
4. Real-time nuclear magnetic resonance spectroscopy in the study of biomolecular kinetics and dynamics, György Pintér, Katharina F. Hohmann, J. Tassilo Grün, Julia Wirmer-Bartoschek, Clemens Glaubitz, Boris Fürtig & Harald Schwalbe, *Magnetic Resonance* (2021), DOI: 10.5194/mr-2-291-2021 5
5. Paramagnetic Nuclear Magnetic Resonance: The Toolkit, Leonardo Querci, Letizia Fiorucci, Enrico Ravera & Mario Piccioli, *Inorganics* (Open Access Review), 2024, DOI: 10.3390/inorganics12010015
6. Solid-state NMR spectroscopy, Bernd Reif, Sharon E. Ashbrook, Lyndon Emsley, Mei Hong, *Nature Reviews Methods Primers*, 2021, DOI: 10.1038/s43586-020-00002-1
4. In situ electron paramagnetic resonance spectroscopy for catalysis, S. A. Bonke, T. Risse, A. Schnegg, etc., *Nature Reviews Methods Primers*, 2021, DOI: 10.1038/s43586-021-00031-4
7. Бойчук Володимир, Коцюбинський Володимир, Федорченко Софія. Методи дослідження матеріалів. Частина I. Спектральні методи / ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника». – Івано-Франківськ, 2021. – 253 с.
8. Москаленко О.В., Циганков С.А., Янченко В.О., Суховєєв О.В. Сучасні методи аналізу сполук і матеріалів (спектральні методи аналізу). – Ніжин: Видавництво НДУ імені Миколи Гоголя, 2017. – 250 с.

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

М.О. Вакуленко О.В. Вакуленко. Фізичний тлумачний словник
<https://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniky/sl11.pdf>