

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
Кафедра оптики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика атома

для студентів

галузь знань
спеціальність
освітній ступінь
освітня програма
вид дисципліни

Е Природничі науки, математика та статистика
Е5 Фізика та астрономія
бакалавр
ОПП «Оптика»
обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2025/2026
Навчальний семестр	5
Кількість кредитів ECTS	8
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач(і): д.ф.-м.н., проф. Зеленський Сергій Євгенович

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. (____) «__» 20__ р.
на 20__/20__ н.р. (____) «__» 20__ р.
на 20__/20__ н.р. (____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2025

Розробник(и) Зеленський Сергій Євгенович, д.ф.-м.н., проф., професор
кафедри оптики
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри оптики

 (Кондратенко С.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 8 від «19» травня 2025 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол №10 від «23» травня 2025 року

Голова науково-методичної комісії  (Оліх О.Я.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни - отримання знань щодо фізичних властивостей атомів і методів їх дослідження.
2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни
Здобувач повинен попередньо опанувати перелічені нижче дисципліни в обов'язі викладання на фізичних факультетах класичних університетів:

- Загальна фізика. Електрика і магнетизм.
- Загальна фізика. Оптика.
- Теоретична фізика. Квантова механіка.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна розглядає прояви і застосування корпускулярно-хвильового дуалізму (корпускулярні властивості електромагнітних хвиль і хвильові властивості мікрочастинок), будову і властивості електронних оболонок атомів з одним і багатьма електронами, взаємодію атомів з електромагнітними полями, а також вибрані питання фізики молекул та кристалів.

Програма навчальної дисципліни складається з трьох розділів (тем):

- Тема 1. Корпускулярні властивості електромагнітних хвиль.
- Тема 2. Хвильові властивості мікрочастинок.
- Тема 3. Властивості атомних оболонок: одноелектронні атоми.
- Тема 4. Властивості атомних оболонок: багатоелектронні атоми.
- Тема 5. Основи фізики молекул та кристалів.

Теми відповідають двом змістовним модулям:

- модуль 1 - теми 1 та 2;
- модуль 2 - теми 3 – 5.

Методи викладання: лекції, семінари, лабораторні роботи, консультації.
Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, реферати, контроль за виконанням лабораторних робіт, залік за виконання лабораторних робіт, іспит.
Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок модульного контролю (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі): вивчення основ фізики мікрооб'єктів, атомних оболонок, молекул та кристалів.

Дисципліна спрямована на досягнення таких загальних та спеціальних (фахових, предметних) компетентностей випускника:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та оптики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів сучасної оптики, що характеризується складністю та невизначеністю умов, здатність організовувати і проводити оптичні вимірювання, розробляти і використовувати на практиці оптичні системи і оптоелектронні комплекси.

Загальних:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК4. Здатність бути критичним і самокритичним.
- ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК9. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ЗК12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

Фахових

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

ФК8. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

ФК12. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

ФК13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

ФК15. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної оптики.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці
Код	Результат навчання			
1.1	Прояви та застосування хвильових властивостей мікрооб'єктів та корпускулярних властивостей електромагнітного випромінювання, властивостей оболонок атомів з одним та багатьма електронами, властивостей молекул та кристалів.	Лекції, семінари, лабораторні роботи, самостійна робота	Модульна контрольна робота, колоквиум, перевірка виконання лабораторних робіт, рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	15
1.2	Основні рівняння, що	Лекції,	Модульна	15

	описують властивості атомів, молекул та кристалів, суть і наближення основних фізичних моделей; означення усіх фізичних величин та термінів, що застосовуються.	семінари, лабораторні роботи, самостійна робота	контрольна робота, колоквиум, перевірка виконання лабораторних робіт, рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	
2.1	Формулювати основні фізичні моделі фізики атомів, молекул та кристалів, здійснювати математичний опис процесів, що вивчаються.	Лекції, самостійна робота.	Колоквиум, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	15
2.2.	Розв'язувати типові задачі з фізики атомів та молекул, робити чисельні оцінки.	Семінари, самостійна робота.	Модульна контрольна робота, перевірка виконання домашніх завдань, інших форм самостійної роботи, іспит	15
2.3.	Проводити типові вимірювання та спостереження в галузі фізики атомів та молекул із застосуванням стандартного лабораторного обладнання, здійснювати математичну обробку результатів.	Лабораторні роботи, самостійна робота.	Перевірка виконання лабораторних робіт, рефератів та інших форм самостійної роботи.	15
3.1	Вільне спілкування з питань фізики атомів, молекул та кристалів.	Дискусії під час лекцій, виступи на семінарах, обговорення лабораторних робіт.		15
4.1.	Самостійно обирати і застосовувати фізичні моделі для розв'язання задач та інтерпретації результатів експериментів.	Семінари, лабораторні роботи, самостійна робота.		10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1
ПРН1. 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.	+	+					+
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.			+	+	+		+
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+	+	+	+	+	+	
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.						+	+
ПРН6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.						+	+
ПРН8. 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.							+
ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні	+	+	+	+	+		+

результати, робити висновки.							
ПРН13. 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.	+	+	+	+	+		
ПРН17. 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.	+	+	+	+	+		
ПРН23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.						+	+
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+	+	+	+		
ПРН27. Розуміти зв'язок оптики, лазерної фізики та оптоелектроніки з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук.	+	+	+	+	+		
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.	+	+	+	+	+		
ПРН29. Мати базові навички самостійної оцінки рівня освітніх програм із природничих наук в Україні і світі для їх вибіркового опанування в рамках міждисциплінарного шляху розвитку науки.	+	+	+			+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів :

- Семестрове оцінювання:

1. Робота на семінарах 1 (6 балів – 10 балів).
2. Колоквіум (9 балів – 15 балів)
3. Робота на семінарах 2 (9 балів – 15 балів).
4. Лабораторні роботи (12 балів – 20 балів).

- Підсумкове оцінювання у формі іспиту (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі).

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав **менше 36 балів**. Оцінка за іспит не може бути **меншою 24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

	Модуль 1		Модуль 2	Лаб. роботи	Екза мен	Підс. оцінка
	Семінар.	Колоквіум	Семінар.			
Мін.	6	9	9	12	24	60
Макс.	10	15	15	20	40	100

7.2. Організація оцінювання:

Колоквіум проводиться після вивчення тем 1 та 2.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно/Excelent	90 – 100
Добре/Good	75 -89
Задовільно/Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання/Fail	35 -59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	0 - 34
Зараховано/ Passed	60 - 100
Не зараховано/ Fail	0 -59

Програма навчальної дисципліни

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№	Назва лекції	Кількість годин			
		Лекції	Практичні	Лаб.р.	С/Р
Тема 1. Корпускулярні властивості електромагнітних хвиль.					
1	Вступ. Закони теплового випромінювання. Формула Планка.	2	2	5	5
2	Корпускулярні властивості світла. Рівноважний фотонний газ. Ефект Комптона.	2	2		5
Тема 2. Хвильові властивості мікрочастинок.					
3	Хвильові властивості мікрочастинок. Хвилі де-Бройля і їх властивості.	2	2		5
4	Принципи квантової механіки. Співвідношення невизначеностей. Рівняння Шредінгера. Квантування механічного моменту.	2	2		5
5	Квантові ями і бар'єри. Тунельний ефект.	2	2		5
Тема 3. Властивості атомних оболонок: одноелектронні атоми.					
6	Дослідження будови атомів. Атом водню: модель Бора.	2	2	5	5
7	Атом водню: теорія Шредінгера.	2	2	5	6
8	Стаціонарні стани і спектральні лінії.	2	2	5	5
9	Лазери і атомні ансамблі.	2			6
10	Суперпозиційні стани. Імовірності спектроскопічних переходів.	2			5
Тема 4. Властивості атомних оболонок: багатоелектронні атоми.					
11	Спін електрона.	2	2		5
12	Атом гелію. Принцип Паулі.	2	2		5
13	Систематика атомних станів.	2	2	5	7
14	Спін-орбітальна взаємодія. Атоми з двома електронами.	2	2	5	5
15	Атом в магнітному полі.	2	2	5	5
16	Атом в електричному полі.	2			5
17	Резонансні методи дослідження. Зсув Лемба.	2			6
18	Багатофотонні процеси.	2			6
19	Рентгенівське проміння.	2	2		6
Тема 5. Основи фізики молекул та кристалів.					
20	Природа молекулярного зв'язку. Молекула водню.	2		5	6

21	Електронні, коливальні, обертальні спектри молекул.	2	2	4	6
22	Основи фізики твердого тіла. Зонна модель кристалу. Квазічастинки в твердих тілах.	2			7
		44	30	44	121

Загальний обсяг 240 год., в тому числі:

Лекцій – 44 год.

Практичні заняття – 30 год.

Лабораторні заняття 44 год.

Консультації – 1 год.

Самостійна робота – 121 год.

Рекомендована література

Основна:

1. Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика. – К.: Знання, 2009. – 560 с.
2. Білий М.У. Атомна фізика. – К.: Вища школа, 1973. – 397 с.

Додаткова:

1. Haken H., Wolf H.C. The Physics of Atoms and Quanta. Introduction to Experiments and Theory. 7th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. 526 p.
2. Находкін М.Г. Харченко Н.П. Атомна фізика, Київ: ВПЦ «Київський університет», 2012.
3. Кобушкін О.П. Атомна фізика. Київ, 2018. 269 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/146cb260-d456-4a89-aabc-71de76a7f65c/content>
4. Зеленський С.Є. Багатофотонні переходи. – Київ, ВПЦ «Київський університет», 2010. – 72 с.
5. Зеленський С.Є. Вибрані розділи атомної фізики. Ефект Штарка. – Київ, 2025. 107 с.
https://optics.knu.ua/wp-content/uploads/2025/05/Zelensky__Stark_effect.pdf

Описи лабораторних робіт:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (розділ «Атомна фізика»). За редакцією проф. Горбаня І.С. – К.: КДУ, 1991. – 66 с.
2. Фізика атома. Лабораторний практикум. Укладачі: Кутовий С.Ю., Пундик І.П., Кравченко В.М., Башмакова Н.В., Гринь Д.В. Київ, 2025. 90 с.
http://exp.phys.univ.kiev.ua/ua/Study/Lab/atom_lab.pdf