

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра експериментальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної роботи

Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ



08 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика атома

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 природничі науки

(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія

(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Фізика»

спеціалізація \_\_\_\_\_

(шифр, назва)

Вид дисципліни обов'язкова

факультет фізичний

2021 / 2022 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«31» 08 2021 року, протокол № 7.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Сгоренков Володимир Дмитрович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри експериментальної фізики.

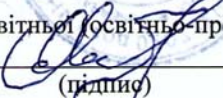
Програму схвалено на засіданні кафедри експериментальної фізики

Протокол від «22» 06 2021 року № 5.

Завідувач кафедри експериментальної фізики

  
\_\_\_\_\_ Володимир ПОЙДА  
(підпис) (прізвище та ім'я)


Програму погоджено з гарантом освітньої (освітньо-професійної) програми (керівником проектної групи) «Фізика».  
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (освітньо-професійної) програми (керівник проектної групи)  
  
\_\_\_\_\_ Олег ЛАЗОРЕНКО  
(підпис) (прізвище та ім'я)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від «31» 08 2021 року № 1.

Голова методичної комісії фізичного факультету

  
\_\_\_\_\_ Микола МАКАРОВСЬКИЙ  
(підпис) (прізвище та ім'я)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика атома» укладена відповідно до освітньо-професійної програми «Фізика» підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)  
спеціальності 104 Фізика та астрономія.

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою вивчення навчальної дисципліни «Фізика атома» є надання студентам базових знань щодо фізичних основ атомної фізики, а також ознайомлення їх з основними положеннями кваново-механічного опису для того, щоб вони знали і розуміли теоретичний та експериментальний базис сучасної фізики.

#### 2. Основні завдання вивчення дисципліни

1. Ознайомити студентів з математичним та експериментальним базисом сучасної атомної фізики.

2. Сформувані у студентів базові теоретичні знання і фундаментальні фізичні уявлення щодо основних законів та особливостей атомної фізики.

3. Ознайомити студентів із основними положеннями фізики атома та атомних явищ.

4. Сформувані у студентів ґрунтовні знання щодо основних фізичних моделей атомної фізики, а також щодо меж їх використання. Підготувати їх до сприйняття і розуміння інших розділів загальної та теоретичної фізики, а також різних фахових навчальних дисциплін.

1.3. Кількість кредитів 5.

1.4. Загальна кількість годин 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
обов'язкова	
Вид кінцевого контролю: екзамен	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
48 год.	год.
Практичні заняття	
32 год.	год.
Самостійна робота	
70 год.	год.

#### 1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення цієї навчальної дисципліни студент повинен продемонструвати такі результати навчання:

1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення класичної та релятивістської фізики для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті різноманітних явищ і процесів, які розглядаються і пояснюються у фізиці атома.

2. Знати і розуміти експериментальні основи фізики атома: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основне експериментальне підґрунтя існуючих фізичних теорій.

3. Знати та розуміти означення таких понять: хвильова функція, спин, будова періодичної системи елементів, магнітний резонанс, інтерференція та дифракція світла та елементарних частинок, принцип відносності Галілея, постулати спеціальної теорії відносності, перетворення координат Лоренца та їх наслідки, основне рівняння релятивістської динаміки та взаємозв'язок між масою і енергією, межі та особливості застосування класичної та квантової фізики атома та спеціальної теорії відносності.

4. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні закони атомної фізики: закони Ламберта, Кірхгофа, Стефана-Больцмана, Мозлі, постулати Бора, пояснення ефектів Зеємана, Штарка, Комптона, принцип невизначеності Гайзенберга, принцип заборони Паулі.

5. Вміти розв'язувати типові задачі атомної фізики, користуватись для опису рухів інерціальними та неінерціальними системами відліку. Вміти застосовувати базові математичні знання математичного апарату фізики при розв'язуванні задач атомної фізики.

6. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію з атомної фізики в друкованих та електронних літературних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та запам'ятовувати її, вести та самостійно доповнювати конспекти лекцій, опрацьовувати навчальну літературу, здійснювати самоконтроль якості засвоєння теоретичних знань з використанням тестів.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### Розділ 1.

#### Тема 1. Тиск світла.

Досліди Лебедева. Баланс енергії та імпульсу електромагнітних хвиль.

#### Тема 2. Теплове випромінювання.

Куб Леслі. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна. Формула Релея-Джінса. Поле як сукупність осциляторів. Формула Планка

Генерація світла. Випромінювання абсолютно чорного тіла. Фотометричні та енергетичні одиниці. Закон Ламберта. Закон Кірхгофа.

#### Тема 3. Формули для теплового випромінювання.

Формула для теплового випромінювання за Релеєм – Джинсом та Планком. Формула Планка за Ейнштейном. Фотоефект. Рентгенівське випромінювання. Ефект Комптона.

#### Тема 4. Атом Резерфорда.

Спінтарископ Крукса. Досліди Резерфорда, Гейгера та Марсдена.

#### Тема 5. Атом Бора.

Модель атома Томсона. Формула Резерфорда. Атом Бора. Неможливість існування атома у класичній фізиці. Спектр водню і формула Бальмера. Дослід Франка-Герца. Квантування кругових орбіт. Постулати Бора. Стала Рідберга.

#### Тема 6. Атом Бора-Зоммерфельда. Дифракція електронів.

Азимутальне та радіальне правила квантування. Виродження. Спектр обертальної енергії двохатомної молекули. Хвилі та частинки. Формула де Бройля. Дифракція електронів. Досліди Девіссона-Джермера та Дж. П. Томсона. Принцип невизначеностей Гайзенберга. Рівняння Шредингера. Густина ймовірності локалізації частинок і густина потоку ймовірності.

#### Тема 7. Відбиття частинки від потенціального бар'єру та проходження крізь нього.

Надбар'єрне відбиття. Частинка у потенціальній ямі. Тунельний ефект.

#### Тема 8. Електрон у потенціальній ямі. Суворая теорія атома водню.

Контактна різниця потенціалів. Холодна емісія (класична і квантова картини). Рентгенівські промені. Суцільний та характеристичний спектри. Закон Мозлі. Суворая теорія атома водню. Орбітальний момент імпульсу. Принцип Паулі.

### Розділ 2.

#### Тема 1. Спин електрона. Періодична система елементів Менделєєва.

Шари і оболонки. Молекула. Гетерополярні та гомеополярні молекули. Електронні терми двохатомної молекули.

**Тема 2. Спінові стани двохелектронної системи.**

Оператор моменту імпульсу та оператор спіну. Спінори. Обмінна взаємодія.

**Тема 3. Молекула водню (теорія Гайтлера-Лондона).**

Атоми в зовнішніх полях. Ефект. Зеємана. Класична картина за Лорентцем. Ефект Штарка. Дослід Штерна і Герлаха.

**Тема 4. Пояснення експерименту Штерна і Герлаха та ефекту Зеємана з квантової точки зору.**

Атом в зовнішньому магнітному полі (квантова картина). Множник Ланде. Метод Ейлера. Магнітний резонанс.

**Тема 5. Елементи теорії збурень у випадку вироджених систем.**

Квантова теорія ефекту Штарка. Парамагнетизм та діамагнетизм. Природа феромагнетизму.

**Тема 6. Метод Релея-Шредінгера (випадок невиродженої незбуреної системи).** Ван-дер-Ваальсові сили притягування (класична та квантова картини). Пояснення походження сил Ван-дер-Ваальса на моделі гармонічних осциляторів.

**Тема 7. Коливання решітки. Фонони.**

Одновимірні ланцюги атомів одного сорту та двох сортів (класична картина). Квантова картина пружних коливань решітки. Енергія решітки. Формула Дебая.

**Тема 8. Електрон у періодичному полі решітки.**

Виникнення зон Бріллюена. Випадок слабо зв'язаного електрона. Випадок сильно зв'язаного електрона.

**Тема 9. Фізика плазми.**

Дебаєвське екранування. Плазмові коливання. Іоносфера. Досліди Епплтона. Керований термоядерний синтез. Магнітні пастки (токамаки та стеларатори). Сучасні досягнення. Бозе-Ейнштейнівська конденсація. Критерій конденсації. Методи охолодження. Інтерференція між хмарками конденсату.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	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					
<b>Розділ 1. Фізика атома. Частина 1.</b>												
Разом за розділом 1	75	24	16	0	0	35						
<b>Розділ 2. Фізика атома. Частина 2.</b>												
Разом за розділом 2	75	24	16	0	0	35						
<b>Усього годин</b>	150	32	32	0	0	70						
Разом 150												

### 4. Темати практичних занять

#### Темати практичних занять із навчальної дисципліни «Фізика атома»

На практичних заняттях студенти під керівництвом викладача ознайомлюються із основними методами розв'язування типових задач із фізики атома. Задачі, з наведеного нижче списку, розв'язування яких на занятті не розглядалося, або було не повністю завершено, студенти повинні розв'язати самостійно.

№ з/п	Назва теми практичного заняття для аудиторного та самостійного розв'язування за задачником	Кількість годин
1	Фотометрія та геометрична оптика (1) 5.1, 5.2, 5.5, 5.8	2
2	Квантова природа електромагнітного випромінювання 1.6, 1.7, 1.11, 1.12, 1.19, 1.36, 1.42, 1.46, 1.49, (2)	6
3	Модель атома Резерфорда-Бора 2.5, 2.9, 2.16, 2.20, 2.31, 2.41, 2.43, 2.47, 2.48 (2)	6
4	Хвильові властивості частинок 3.10, 3.26, 3.35, 3.44, 3, 49, Гарм.осц., 3.57, 3.62	6
5	Електронна оболонка атомів 5.2, 5.22, 5.26, 5.57, 5.61, 5.72	4
6	Атом у магнітному полі 6.2, 6.14, 6.24, 6.34	2
7	Двохатомні молекули 7.8, 7.15	2
8	Кристали 8.10, 8.17, 8.26, 8.28	4
	Разом	32

#### Збірники задач

1. Иродов И.Е.. Задачи по общей физике. М.: Наука, 1988. – 416 с.
2. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 216 с.

#### 5. Завдання для самостійної роботи із навчальної дисципліни «Фізика атома»

1. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу навчальної дисципліни «Фізика атома» за підручниками та посібниками. Загальна кількість годин 38.
2. Самостійне розв'язування задач у ході виконання домашніх завдань при підготовці до практичних занять за задачником [1, 2] за такими темами:

#### 4. Теми самостійних занять із розв'язування задач

№ з/п	Назва теми, номери задач, рекомендованих для самостійного розв'язування.	Кількість годин
1.	Фотометрія та геометрична оптика (1) 5.3, 5.7, 5.11	2
2.	Квантова природа електромагнітного випромінювання (2) 1.4, 1.8, 1.20, 1.28, 1.31, 1.34, 1.41	6
3.	Модель атома Резерфорда-Бора (2) 2.1, 2.8, 2.11, 2.19, 2.22, 2.28	6
4.	Хвильові властивості частинок (2) 3.14, 3.25, 3.34, 3.38, 3.50	4
5.	Електронна оболонка атомів (2) 5.4, 5.20, 5.25, 5.59, 5.62, 5.73	2
6.	Атом у магнітному полі (2) 6.3, 6.13, 6.25, 6.36	4
7.	Двохатомні молекули (2) 7.2, 7.14	2

8.	Кристали (2) 8.12, 8.21, 8.29, 8.31	6
Разом		32

Загальна кількість годин, відведених на самостійну роботу 70.

#### Збірники задач

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – Спб. : Издательство "Лань", 2001. – 416 с.
2. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 216 с.

#### 5. Методи контролю

Поточний контроль, проміжний контроль (контрольна робота) та семестровий підсумковий контроль: екзамен.

#### 6. Схема нарахування балів

Поточний контроль, проміжний контроль (2 контрольні роботи), семестровий підсумковий контроль					Сума
Розділ 1	Розділ 2	самостійна робота	Індивідуальне завдання	Екзамен	
T1÷T8	T1÷T9				
30	30			40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

#### 7. Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів із навчальної дисципліни «Фізика атома»

Навчальні досягнення студентів з навчальної дисципліни «Фізика атома» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається із 60 балів, які студент може отримати протягом семестру в результаті проходження проміжного контролю шляхом виконання 2 письмових контрольних робіт та 40 балів, які студент може отримати в результаті проходження підсумкового контролю у вигляді письмового екзамену.

Кожна письмова контрольна робота складається із 2 тестів відкритого типу, правильне виконання кожного з яких оцінюється у 6 балів та двох фізичних задач, правильне виконання одної з яких оцінюється у 6 балів, а другої – 12 балів.

Письмовий екзамен складається із тестів відкритого типу, правильне виконання кожного з яких оцінюється у 8 балів та двох фізичних задач, правильне виконання одної з яких оцінюється у 8 балів, а другої – 16 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

## 8. Рекомендована література

### Базова література

1. Ахиезер А.І. Атомная физика. – Київ: Наукова думка, 1988. – 264 с.
2. Шпольский Э.В. Атомная физика : в 2-х т. – М. : Наука, 1974, Т.1. – 575 с.
3. Шпольский Э.В. Атомная физика : в 2-х т., Т.2. – М. : Наука, 1974. – 447 с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика М.: Наука, 1980.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика, ч.1, Атомная физика. М.: Наука, 1986. – 416с.
6. Матвеев А.Н. Атомная физика. Учеб. пособие для физ. спец. ВУЗов. –М.: Высш. Школа, 1989. – 439с.
7. Савельев И.В. Курс физики. М.: Наука, т.3., 1989. – 301 с.
8. Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика, 1986.
9. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. – М.: Высш.шк., 1991. – 173 с.
10. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.: Наука, 1988. – 416 с.
11. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. М.Энергоатомиздат, 1984. – 216 с
12. Борн М. Атомная физика. М., 1964.
13. Бейзер А. Основные представления современной физики. – М., 1972.
14. Вихман Е. Квантовая физика. – М.: Наука, 1974. – 415 с.
15. Кристи Р., Питти Л. Строение вещества: введение в современную физику. – М., 1969. – 595 с.
16. Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика. – 8-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2002. – 288 с.
17. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. – М.: Лаборатория Базовых знаний, 2002. – 272 с.

### Допоміжна література

1. Лауе М. История физики. – М., 1963.
2. Уэр М.Р., Ричардс Д.А. Физика атома. – М., 1961. – 302 с.
3. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в атомную физику. М.:Наука, 1969. – 303 с.
4. Шепф Х.-Г. От Кирхгофа до Планка. – 1981.
5. Матвеев А.Н. Квантовая механика и строение атома. – М.: Высш. школа, 1965. – 355 с.
6. Лопатинський І.Є., Зачек І.Р., Ільчук Г.А., Романишин Б.М. Фізика. – «Афіша», Львів, 2009, – 385 с.
7. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. – М.: Астрель; АСТ, 2001. – 319 с.

## 9. Інформаційні ресурси в Інтернеті, інше методичне забезпечення

Навчальні матеріали кафедри експериментальної фізики

[https://kef.univer.kharkov.ua/navch\\_materialy.html](https://kef.univer.kharkov.ua/navch_materialy.html)

Відеозаписи лекційних демонстрацій

*Хвилі*

[https://www.youtube.com/user/NRNUMEPHl/playlists?flow=grid&view=50&shelf\\_id=10](https://www.youtube.com/user/NRNUMEPHl/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=10)

*Оптика*

[https://www.youtube.com/user/NRNUMEPHl/playlists?flow=grid&view=50&shelf\\_id=10](https://www.youtube.com/user/NRNUMEPHl/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=10)

*Атомна фізика*

[https://www.youtube.com/user/NRNUMEPHl/playlists?flow=grid&view=50&shelf\\_id=11](https://www.youtube.com/user/NRNUMEPHl/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=11)