**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем**
**Кафедра електрофізики**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**
Заступник декана з навчальної роботи

_____ Світлана ЄФІМЕНКО

«____»_____2025 року

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## Фізика
## для здобувачів освіти

| | |
|---|---|
| галузь знань | F "Інформаційні технології" |
| спеціальність | F7 "Комп'ютерна інженерія" |
| рівень вищої освіти | перший |
| освітня програма | Інженерія комп'ютерних систем і мереж |
| вид дисципліни | обов'язкова |

| | |
|---|---|
| Форма здобуття освіти | денна |
| Навчальний рік | 2025/2026 |
| Семестр | 1,2 |
| Кількість кредитів ECTS | 11 |
| Мова викладання | українська |
| Форма заключного контролю | іспит |

**Викладачі**:
Вадим КОРОНОВСЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри електрофізики. Ганна КАРЛАШ, кандидат фізико-математичних наук, завідуюча кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.

на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.

**КИЇВ – 2025**

**Розробники**: Вадим КОРОНОВСЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри електрофізики. Ганна КАРЛАШ, кандидат фізико-математичних наук, завідуюча кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки.

**"ЗАТВЕРДЖЕНО"**
Завідувач кафедри електрофізики

_____ Сергій САВЕНКОВ

Протокол № __ в ід «___» _____ 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № ___ від «____» _____ 2025 р.

Голова науково-методичної комісії _____ Сергій РАДЧЕНКО

«_____» _____ 2025 року.

# ВСТУП

**1. Мета і завдання навчальної дисципліни «Фізика»:** одержання здобувачами освіти знань з основних розділів загального курсу фізики, засвоєння базових законів і моделей сучасної фізики, оволодіння основними методами фізичного дослідження, що забезпечить можливість використовувати фізичні принципи в тих областях знань, в яких здобувачі освіти спеціалізуються, ознайомлення з головними аспектами сучасної фізичної картин світу, підготовка до свідомого вивчення суміжних з фізикою дисциплін, формування навиків самостійно опрацьовувати різноманітну науково-технічну інформацію.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**
До вивчення дисципліни "Фізика" необхідно отримати повну середню освіту і високі бали ЗНО (ЄМТ), достатні для вступу до Київського національного університету за спеціальністю "Комп'ютерна інженерія".

**3. Анотація навчальної дисципліни:**
Програма дисципліни включає в себе основні розділи загального курсу фізики, а саме: "Механіка", „Коливання та хвилі", „Електрика та магнетизм", „Оптика", „Атомна фізика". Знання здобувачі освіти набувають за рахунок засвоєння лекційного матеріалу, виконання завдань на практичних заняттях, виконання циклу лабораторних робіт.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

1) надати здобувачами освіти систематизовані теоретичні відомості з основ фізики, та сприяти формуванню у них базових фізичних знань про закономірності перебігу явищ природи;
2) розвивати у здобувачів освіти науковий стиль мислення, для свідомого його застосування при поясненні різноманітних фізичних явищ;
3) сприяти формуванню у здобувачів освіти вміння використовувати найбільш раціональні методи та алгоритми при розв'язуванні фізичних задач;
4) навчити здобувачів освіти самостійно і творчо працювати, орієнтуватись у основних проблемах сучасної фізики та наукових підходах до їх розв'язання, використовуючи отримані знання з фізики.
5) Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:
   – ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
   – ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
   – СК15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

**5. Результати навчання за дисципліною**:

| Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність) | | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності) | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|---|---|---|---|---|
| Код | Результат навчання | | | |
| **1** | **знати**: | лекційні заняття | письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи | До 55 |
| 1.1 | Основні поняття кінематики. Основи динаміки матеріальної точки та твердого тіла. Закони | *лекція* | =//= | 10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | збереження. | | | |
| 1.2 | Основи спеціальної теорії відносності. | *лекція* | =//= | 5 |
| 1.3 | Основні закони електрики і магнетизму. | *лекція* | =//= | 10 |
| 1.4 | Основні закони геометричної оптики. Хвильові властивості світла. Взаємодія світла з речовиною. | *лекція* | =//= | 10 |
| 1.5 | Квантові властивості електромагнітного випромінювання. | *лекція* | =//= | 10 |
| 1.6 | Особливості опису хвильової поведінки мікрооб'єктів. Поведінка атома в магнітному полі. Структура та характеристики атомних ядер. | *лекція* | =//= | 10 |
| **2** | **вміти**: | практичні заняття | контрольні роботи | До 35 |
| 2.1 | Використовувати основні поняття кінематики і закони динаміки при розв'язуванні задач. | *практичні заняття* | письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи | 7 |
| 2.2 | Використовувати закони збереження при розв'язуванні задач. | | | 7 |
| 2.3 | Знаходити розподіл напруженості електричного та магнітного полів для об'єктів різної конфігурації. Знаходити розподіл потенціалу, ємність для об'єктів різної конфігурації | | | 7 |
| 2.4 | Розраховувати параметри основних інтерференційних схем, знаходити просторовий розподіл енергії у дифракційних схемах. | | | 7 |
| 2.5 | Знаходити хвильові параметри мікрочастинок та правильно інтерпретувати результат. Описувати кількісно поведінку заряджених частинок в електричному та магнітному полях. | *практичні заняття* | письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи | 7 |
| **3** | **комунікація** | лекційні і практичні заняття | | До 5 |
| 3.1 | здатність бути відповідальним за внесок в роботу команди при вирішенні проблеми | *лекційні заняття з використанням роботи у підгрупах* | оцінювання виконання завдань для самостійної роботи | 5 |
| **4**. | **автономність та відповідальність:** | лекційні заняття | | До 5 |
| 4.1 | Здатність до самостійного розв'язання поставлених завдань та перевірки отриманих результатів | *лекція* | письмова модульна контрольна робота | 5 |

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

| Результати навчання дісципліни / Програмні результати навчання (назва) | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 3.1 | 4.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ПРН1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж. | | | | + | | + | | | | + | | | |
| ПРН2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН4. Знати та розуміти вплив технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН5. Мати знання основ економіки та управління проектами. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей. | | + | | + | | | | + | | + | | + | + |
| ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей. | | + | + | | | + | | + | + | | + | + | |
| ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН12. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди. | + | | | + | | | + | | + | | | + | + |
| ПРН13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН15. Вміти виконувати експериментальні дослідження за професійною тематикою. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення. | + | | + | | | + | | + | | | + | | |
| ПРН17. Спілкуватись усно та письмово з професійних питань українською мовою та однією з іноземних мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською). | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН18. Використовувати інформаційні технології та для ефективного спілкування на професійному та соціальному рівнях. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення. | | | | | | | | | | | | | |
| ПРН21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПРН22. Якісно виконувати інженерно-практичні завдання та реалізовувати індивідуальні дослідницькі проєкти, дотримуючись принципів академічної доброчесності і вимог чинного законодавства України. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПРН23.1. Опанувати базові загальновійськові знання та вміння, необхідні для виконання конституційного обов'язку щодо захисту Вітчизни, незалежності та територіальної цілісності України. (Обов’язковий для здобувачів освіти - громадян України, які навчаються за денною або дуальною формою здобуття освіти, і для яких, згідно із Законом України «Про військовий обов’язок і військову службу», проходження базової підготовки є обов’язковим.) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПРН23.2. Надавати долікарську допомогу із застосуванням підручних засобів при невідкладних станах; вибирати оптимальні | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| методи та засоби збереження життя. | | | | | | | | | | | | | |

## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Форми оцінювання** здобувачів освіти**:** рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт і за результатами виконання самостійних завдань. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.6 [**знання**] - до 55 %;
- результат навчання 2.1 – 2.5 [**уміння**] – до 35%;
- результат навчання 3.1 – [**комунікація**] – до 5%;
- результат навчання 4.1 – [**автономність та відповідальність**] – до 5%.

Форми оцінювання здобувачів освіти:

- **семестрове оцінювання**: контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має два змістові модулі: у змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-8, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 9-15. Після завершення відповідних тем проводяться два письмові модульні колоквіуми і одна контрольна робота (ЗМ2). Для визначення рівня досягнення результатів навчання, завдання для модульних колоквіумів і контрольної роботи перевіряють рівень теоретичних знань та уміння застосовувати їх для розв'язування конкретних фізичних задач. Обов'язковим для допуску до іспиту є написання 1-го та 2-го модульних колоквіумів і контрольної роботи (ЗМ2) з кількістю балів не менше 10 за кожну позицію.

- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет іспиту складається із 3 питань та задачі, кожна позиція оцінюється від 0 до 10 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання загалом не менш ніж 60 балів, при цьому оцінка за результатами навчання 2 [уміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня, а оцінка за іспит не може бути меншою 20 балів.

- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання здобувачем освіти сумарно не менше, аніж *критично-розрахунковий мінімум - 30 балів* за семестр. Здобувачі освіти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, аніж критично-розрахунковий мінімум 30 балів, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати на необхідну граничну кількість балів додаткову контрольну роботу за матеріалом відповідного семестру.

  У випадку відсутності здобувача освіти з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт допуск до іспиту здійснюються у відповідності до "Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті"

### 7.2 Організація оцінювання

Оцінювання за формами контролю:

| Семестрова робота | Кількість балів | |
|---|---|---|
| | Min. – 10 | Max. – 20 |
| Модульний колоквіум 1 | 10 | 20 |
| Модульний колоквіум 2 | 10 | 20 |
| Модульна контрольна робота 3 | 10 | 20 |

Орієнтований графік оцінювання:

| | Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання |
|---|---|
| Модульний колоквіум 1 | початок жовтня (1-й семестр)<br>початок квітня (2-й семестр) |
| Модульний колоквіум 2 | кінець листопада(1-й семестр)<br>середина травня (2-й семестр) |
| Модульна контрольна робота | початок грудня (1-й семестр)<br>кінець травня (2-й семестр) |
| Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань | грудень(1-й семестр)<br>червень(2-й семестр) |
| Іспит | грудень(1-й семестр)<br>червень(2-й семестр) |

Розрахунок балів, які здобувач освіти отримує при успішній здачі іспиту:

| Значення | Протягом семестру | Іспит | Підсумкова оцінка |
|---|---|---|---|
| Мінімум | 40 | 20 | 60 |
| Максимум | 60 | 40 | 100 |

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

| Оцінка (за національною шкалою) / National grade | Рівень досягнень, % / Marks, % |
|---|---|
| **Відмінно** / Excellent | 90 – 100% |
| **Добре** / Good | 75 – 89% |
| **Задовільно** / Satisfactory | 60 – 74% |
| **Незадовільно** / Fail | 0 – 59% |

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

**1-й семестр**

| № п/п | Назва теми | У тому числі | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Лекції | Практичні заняття | Самостійна робота |
| **Змістовий модуль 1. Механіка** | | | | |
| 1 | Вступ. Кінематика | 2 | 1 | 2 |
| 2 | Динаміка матеріальної точки. Закони Ньютона. | 2 | 2 | 5 |
| 3 | Закони збереження | 4 | 1 | 4 |
| 4 | Принцип відносності Галілея. Перетворення Лоренца | 2 | 1 | 6 |
| 5 | Спеціальна теорія відносності | 2 | 1 | 5 |
| 6 | Неінерційні системи відліку | 2 | 2 | 3 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Поле тяжіння. Рух в полі центральних сил | 2 | 2 | 3 |
| 8 | Динаміка твердого тіла | 4 | 2 | 6 |
| 9 | Коливальні процеси. Вільні коливання | 2 | 2 | 5 |
| 10 | Затухаючі коливання. Вимушені коливання | 2 | 2 | 5 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Змістовий модуль 2. Електрика** | | | | |
| 11 | Вступ. Закон Кулона Теорема Остроградського-Гаусса. Потенціальність поля. Потенціал, різниця потенціалів | 2 | 3 | 6 |
| 12 | Провідники в електростатичному полі | 4 | 2 | 8 |
| 13 | Електроємність. Енергія електростатичного поля | 4 | 2 | 8 |
| 14 | Діелектрики в електростатичному полі.. Теорія поляризації діелектриків | 4 | 2 | 8 |
| 15 | Електричний струм. Закон Ома. Закони Кірхгофа | 4 | 3 | 6 |
| | **Всього** | **42** | **28** | **80** |

Загальний обсяг ***150*** *год.,* в тому числі:
Лекцій **–** ***42*** *год.*
Практичні заняття – ***28*** *год.*
Самостійна робота **-** ***80*** *год.*

## САМОСТІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Пружний та непружний удари. Рух тіла змінної маси. Розвиток поглядів на швидкість світла. Визначення швидкості світла Ремером. Дослід Майкельсона. Елементи акустики. Природа звуку. Висота, гучність, тембр звуку. Джерела звуку. Ультразвук. Автоколивання. Параметричні коливання. Стоячі хвилі. Поняття про інтерференцію та дифракцію хвиль.
Застосування теореми Остроградського-Гаусса для визначення напруженості електростатичного поля. Знаходження потенціалів для систем різної конфігурації. Знаходження ємності конденсаторів різної конфігурації. П'єзоелектричний ефект. Піроелектрики. Досліди Роуланда та Ейхенвальда.

**2-й семестр**

| № п/п | Назва теми | | У тому числі | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Лекції | Практичні заняття | Лабораторні заняття | Самостійна робота |
| **Змістовий модуль 1. Магнетизм. Оптика** | | | | | |
| 1 | Магнітне поле постійного струму | 4 | 2 | - | 7 |
| 2 | Схрещені електричне і магнітне поле. Сила Лоренца | 4 | 2 | - | 6 |
| 3 | Магнетики | 2 | 1 | - | 6 |
| 4 | Змінні електричні і магнітні поля | 2 | 2 | - | 4 |
| 5 | Геометрична оптика. Закони геометричної оптики. Оптичні системи | 2 | 2 | - | 6 |
| 6 | Електромагнітні хвилі та їх властивості. Поляризація хвиль | 2 | 2 | - | 6 |
| 7 | Інтерференція світлових хвиль. | 2 | 1 | 5 | 5 |
| 8 | Дифракція світлових хвиль (дифракція Френеля та Фраунгофера). | 2 | 1 | 5 | 6 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Дифракційна гратка. | | | | |
| 9 | Взаємодія світла з речовиною | 2 | 1 | 4 | 4 |
| **Змістовий модуль 2. Атомна фізика** | | | | | |
| 10 | Квантова природа електромагнітних хвиль | 2 | 1 | - | 6 |
| 11 | Експериментальні передумови створення сучасної теорії атома. Теорія Резерфорда-Бора для воднеподібних атомів. | 2 | 1 | - | 6 |
| 13 | Хвильві властивості мікрочастинок. | 2 | 2 | - | 6 |
| 14 | Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. | 4 | 2 | - | 5 |
| 15 | Основи квантової механіки. Розв'язок рівняння Шредінгера. | 2 | 2 | - | 4 |
| 16 | Атом водню в квантовій механіці | 2 | 1 | - | 4 |
| 17 | Багатоелектронні атоми. Векторна модель атома. | 2 | 2 | - | 4 |
| 18 | Атом у зовнішньому магнітному полі | 2 | 2 | - | 5 |
| 19 | Будова та спектри молекул. | 2 | 1 | - | 6 |
| | **Всього** | **42** | **28** | **14** | **96** |

Загальний обсяг ***180*** *год.,* в тому числі:
Лекцій ***– 42*** *год.*
Практичні заняття – ***28*** *год.*
Лабораторні заняття – ***14*** *год.*
Самостійна робота ***- 96*** *год.*

## САМОСТІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Феро-, фері- та антиферомагнетики. Скін-ефект. Досліди Рентгена, Троутона та Нобля. Інваріант Лагранжа–Гельмгольца. Інваріант Аббе. Фотометрія. Тиск фотонів. Дослід Лєбєдєва. Електронографія та нейтронографія. Врахування скінченої маси ядра в теорії Бора: ізотопічний зсув спектральних ліній воднеподібних атомів. Тунельний ефект. Будова та принцип роботи тунельного мікроскопу. Принципи оже-спектроскопії. Основні типи хімічного зв'язку. Експериментальні методи визначення радіуса атомних ядер. Ядерні реакції за участю нейтронів. Механізм некерованих термоядерних реакцій.

## 9. Рекомендована література:

**Основні джерела*:***


1. Короновський В.Є. Конспект лекцій з курсу фізика. Механіка. Київ, ФРЕКС, 2024. (https://surl.lt/jdzvwh).
2. Короновський В.Є. Фізика. Частина І. Механіка. Лекції-презентації. Методичний посібник (електронний варіант). Київ, ФРЕКС, 2022.
3. Короновський В.Є. Фізика. Частина ІІ. Електрика і магнетизм. Лекції-презентації. Методичний посібник (електронний варіант). Київ, ФРЕКС, 2022.

4. В.Ф. Коваленко. Загальна фізика в прикладах, запитаннях і відповідях. Механіка. - Київ, Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет, 2011.
5. М.У. Білий, Б.А. Охріменко. Атомна фізика. - Київ, Видавництво “Знання”, 2009.
6. Находкін М.Г., Харченко Н.П. Атомна фізика. - Київ, ВПЦ «Київський університет», 2012.
7. Висоцький В.І., Дяченко С.А., Карлаш Г.Ю., Овечко В.С., Прокопенко О.В., Харченко Н.П. Атомна та ядерна фізика в прикладах і запитаннях, Учбовий посібник (за ред. В. І. Висоцького, В. С. Овечка). ВПЦ "Київський університет", 2011, 511 с.

**Додаткові джерела*:***

1. С.М. Гойса, В.М. Стецюк. Загальна фізика у прикладах, запитаннях і відповідях. Електрика і магнетизм (Частина 1). - ФРЕКС, 2017.
2. Гуменюк А.Ф. Електрика і магнетизм. – Київ, ТОВ “Четверта хвиля”, 2008.
3. Nuclear Physics: Exploring the Heart of Matter, The National Academies Press, Washington D.C., 2013, 277 p.
4. Висоцький В. І. Квантова механіка та її використання в прикладній фізиці. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2008. – 367 с.