

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

АЗНАУРЯН І.О.

**ФІЗИЧНІ ОСНОВИ
КВАНТОВИХ
КОМП'ЮТЕРІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДО ВИВЧЕННЯ ВИБІРКОВОЇ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ПЕРШОГО
(БАКАЛАВРСЬКОГО) РІВНЯ
ВИЩОЇ ОСВІТИ ГАЛУЗІ ЗНАНЬ F «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

КИЇВ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

**ФІЗИЧНІ ОСНОВИ
КВАНТОВИХ КОМП'ЮТЕРІВ**

Методичні вказівки
до вивчення вибіркової компоненти
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти галузі знань F «Інформаційні технології»
спеціальностей F5 «Комп'ютерна інженерія»
та F7 «Кібербезпека та захист інформації»

Київ 2025

УДК 53 (075)

Ф50

Укладач І. О. Азнаурян, доцент

Рецензент Є. Є. Шабала, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.А. Глива, д-р техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри фізики, протокол № 2 від 2 жовтня 2025 року.

В авторській редакції.

Фізичні основи квантових комп'ютерів [електронний ресурс]: методичні вказівки до вивчення вибіркової компоненти / уклад. Азнаурян І.О. – Київ: КНУБА, 2025. – 24 с.

Містять зміст, програму, вказівки до виконання практичних, лабораторних робіт та самостійної роботи.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань F «Інформаційні технології» спеціальностей F5 «Комп'ютерна інженерія» та F7 «Кібербезпека та захист інформації».

© КНУБА, 2025

ЗМІСТ

Загальні положення	4
Структура навчальної дисципліни.....	5
Лабораторні заняття	8
Практичні заняття та РГР.....	10
Самостійна робота здобувача.....	13
Методи контролю та критерії оцінювання знань.....	15
Політика щодо академічної доброчесності	20
Список джерел.....	22

Загальні положення

Курс «Фізичні основи квантових комп'ютерів» є фундаментальною складовою підготовки майбутніх фахівців у сфері комп'ютерної інженерії, призначений для надання необхідних знань у розумінні основ квантових обчислень та їх застосування у майбутніх технологіях. Цей курс має на меті сформувавши у здобувачів глибоке розуміння фізичних принципів, що лежать в основі квантових комп'ютерів. Опанування дисципліни дозволить здобувачам вищої освіти засвоїти ключові концепції квантової механіки, необхідні для аналізу та розробки алгоритмів квантових обчислень, а також оцінити їх потенціал у сфері інформаційних технологій та кібербезпеки.

Значення курсу є особливо важливим для фахівців із кібербезпеки, оскільки розвиток квантових комп'ютерів ставить нові виклики перед існуючими криптографічними методами, крім того, квантові процесори стають дедалі доступнішими та потребують спеціальних методів програмування та інтеграції у сучасні обчислювальні системи.

Таким чином, курс синтезує знання з природничих та інженерних наук для формування новітніх компетенцій у сфері квантових обчислень.

Мета викладання дисципліни полягає у:

- формуванні у майбутніх фахівців з інформаційних систем та технологій у галузі інформаційних технологій знань, що стосуються фундаментальних законів, за якими відбуваються процеси і явища навколишнього світу та теоретичної бази для вивчення дисциплін загально-технічного циклу та спеціальних дисциплін,

- ознайомленні здобувачів з основними фізичними законами, за якими відбуваються процеси та явища навколишнього світу, необхідними для: формування фахової компетентності в галузі інформаційних технологій, аналізу ефективності проектних рішень, пов'язаних з проектуванням і використанням інформаційних систем та технологій.

- розвитку логічного та аналітичного мислення;
- підвищенні загального рівня наукової культури;
- розвитку у здобувачів здатності до самоосвіти.

Завдання:

Сформувавши в здобувачів наукове мислення, міцні знання основних фундаментальних законів в області квантової фізики; дати уявлення про різні

фізичні моделі, межі застосування різних фізичних теорій, використання законів квантової фізики для пояснення процесів і явищ у комп'ютерній галузі; озброїти здобувачів -ІТ технологій послідовною системою фізичних знань, яка необхідна їм для природничо-наукової освіти, успішного засвоєння спеціальних курсів і може бути використана спеціалістами ІТ технологій в їх практичній діяльності;

Теоретична та практична підготовка здобувачів з питань:

- Фізичних основ квантової механіки.
- Фізичних основ квантових комп'ютерів.

Структура навчальної дисципліни

Структура курсу фізики передбачає три види аудиторних занять за розкладом: лекційні заняття для викладу теоретичного матеріалу, практичні заняття із розв'язування задач, лабораторні заняття для виконання експерименту, а також самостійну роботу студента в поза аудиторний час.

В структурі курсу передбачені також консультації викладачів протягом семестру за затвердженим графіком.

Умовні позначення: Л – лекції; ПЗ – практичні заняття; ЛР – лабораторні роботи; СРЗ – самостійна робота здобувача.

1. Зміст курсу:

Змістових модулів –

_____1_____

Лекції (16 год)

Тема 1. Вступ. Теплове випромінювання. Кількісні закономірності випромінювання. Теорія та гіпотеза М. Планка. Підтвердження теорії М. Планка (заряд електрона, фотоефект, теплоємність)

Тема 2. Атомні спектри. Борівська модель атома гідрогену. Момент кількості руху. Хвилі матерії. Дифракція частинок. Експеримент Девіссона – Джермера.

Тема 3. Хвильова функція. Принцип невизначеності Гайзенберга. Приклади застосування співвідношення невизначеностей Гайзенберга.

Тема 4. Рівняння Шрödінгера його та застосування.

Тема 5. Квантові числа. Інтерпретація квантування моменту імпульсу. Виродження енергетичних рівнів. Розподіл електронної густини в атомі гідрогену. Орбітальний магнітний момент електрона.

Тема 6. Атом гідрогену у зовнішньому магнітному полі. Ефект Зеємана. Досліди Штерна – Герлаха та Айнштайна – де-Гааза. Спін електрона.

Тема 7. Парадокси квантової механіки. Основи квантової інформації.

Тема 8. Квантовий комп'ютер. Квантова криптографія. Квантове обладнання. Призначення та проблеми квантових комп'ютерів.

Теми практичних занять (8 год)

Заняття 1. Закони теплового випромінювання та їхнє застосування. Квантова гіпотеза Планка. Закони фотоефекту. Застосування формули де Бройля та співвідношення невизначеностей Гейзенберга.

Заняття 2. Рівняння Шредінгера та його застосування.

Заняття 3. Інтерпретація квантування моменту імпульсу. Спін електрона.

Заняття 4. Фізичні основи квантових комп'ютерів.

Теми лабораторних занять (6 год)

Заняття 1. «Дослідження законів теплового випромінювання»

Заняття 2. «Вивчення законів зовнішнього фотоелектричного ефекту»

Заняття 3. «Перевірка співвідношення невизначеностей Гейзенберга для фотонів»

2. Рекомендації щодо роботи над конспектом лекцій

Лекції з курсу покликані дати здобувачеві огляд програмного матеріалу на певну тему. Зміст лекції має відтворювати думку викладача з обговорюваної тематики, його розуміння фізики явищ. Передбачається, що здобувач, в подальшому, опрацює текст лекції з підручником і, таким чином, формує повний конспект лекцій, який може використовуватися як довідник в практичній роботі (при розв'язуванні задач, виконанні лабораторного експерименту) та при підготовці до контрольного відтворення знань та навичок.

Серед програмних питань є такі, що стосуються суті **фізичних явищ**, як-от: *теплове випромінювання, ефект Зеємана, дифракція частинок* тощо. Здобувачу потрібно відтворити послідовність фізичних міркувань, що роз'яснюють зміст явища чи процесу, відтворити об'єктивні зв'язки між характеристиками явища (тобто розкрити закономірності явища), ілюструвати його прояви при спостереженні та технічні застосування.

Друга частина програмних питань стосується суті **фізичних законів**, як-от: *закони теплового випромінювання, формула Планка для випромінювання АЧТ, принцип невизначеності Гайзенберга, рівняння Шрьодінгера* тощо. Здобувачу необхідно знати словесне формулювання закону, математичну форму його запису, межі застосовності закону та спосіб (алгоритм) застосування цього до конкретних задач.

Третя група програмних питань стосується **змісту фізичних величин**, як-от: *спектральна випромінювальна здатність тіла, момент імпульсу частинки*, тощо. Здобувачу необхідно звернути увагу на тлумачення фізичного змісту величини, знати формулу, яка використовується для означення величини, та одиниці її вимірювання.

Четверта група програмних питань стосується **принципу дії** різних фізико-технічних пристроїв, як-от: *оптичний пірометр, дифракційна решітка, квантове обладнання* тощо. Здобувачу необхідно розкрити принцип дії пристрою за найпростішою функціональною схемою, яка подається в умовних позначеннях.

Окремі програмні питання стосуються змісту базових теорій квантової інформації, квантової криптографії, базових понять (*квантова заплутаність*) чи базових принципів (*принцип Ферма, принцип Паулі*).

Такі питання доцільно додатково самостійно опрацьовувати відповідно до рекомендацій лектора курсу, користуючись літературою [1, 3, 7]

Лабораторні заняття

1. Порядок роботи в навчальних лабораторіях

Лабораторна робота з фізики – це навчальний фізичний експеримент, що виконується за встановленою методикою.

Виконання такої роботи передбачає певну послідовність дій здобувача:

- 1) ознайомлення з правилами техніки безпеки;
- 2) теоретична підготовка до виконання експерименту на задану тему;
- 3) виконання дослідів з документальним записом його результатів;
- 4) обробка даних експерименту;
- 5) звіт за виконану лабораторну роботу перед викладачем.

2. Рекомендації щодо підготовки та виконання лабораторних робіт

Підготовка до лабораторної роботи

- ✓ Уважно прочитати методичні вказівки до лабораторної роботи.
- ✓ Переписати в робочий звіт назву роботи, її мету, перелік приладів і матеріалів.
- ✓ Законспектувати теоретичні відомості й виведення розрахункових формул, основну увагу приділяючи формулюванню фізичних явищ і законів, на яких базується дана робота.
- ✓ Зробити рисунок установки з поясненнями до нього.
- ✓ Переписати розрахункові формули і порядок виконання роботи.
- ✓ Підготувати таблиці для запису результатів дослідів.
- ✓ Вивести формули для обчислення похибок.
- ✓ Ознайомитися з контрольними запитаннями.

Що необхідно знати перед виконанням лабораторної роботи

- ✓ Формулювання явищ і фізичних законів, на яких базується дана лабораторна робота.
- ✓ Назви, розмірності, спосіб визначення всіх фізичних величин, що входять у розрахункові формули.
- ✓ Опис установки (схеми) до лабораторної роботи за рисунком і пояснення її принципу дії.
- ✓ Порядок виконання роботи.
- ✓ Відповіді на контрольні запитання.

Виконання лабораторної роботи

- ✓ Отримати допуск до роботи у викладача.

- ✓ Пояснення до даної роботи отримати перед виконанням дослідів у викладача або лаборанта.
- ✓ Виконуючи досліди, всі дані експериментів записувати у таблиці, всі проміжні розрахунки робити у зошиті, графіки виконувати на міліметровому папері або у програмі Excel.
- ✓ Після виконання роботи на занятті дати зошит для перевірки і підпису викладачу (якщо робота виконується в позаурочний час, то зошит перевіряється підписується лаборантом у лабораторії).

Оформлення звіту про виконану лабораторну роботу

- ✓ Звіт оформляти на листках формату А4 з одного боку.
- ✓ На титульному листку зверху вказати міністерство, назву вузу, кафедри, лабораторії. В центрі листка вказати номер та назву виконаної лабораторної роботи. Нижче справа вказати прізвище та ініціали, шифр групи здобувача, що виконав роботу та викладача, що прийняв роботу. Внизу листка вказати місто і рік.
- ✓ Звіт повинен містити: мету роботи; прилади та матеріали; рисунок установки з поясненнями; розрахункові формули з поясненнями; формули для обчислення похибок; таблиці з результатами дослідів; графіки (якщо це вказано у роботі); висновок, в якому повинні бути проаналізовані кінцеві результати.

Захист звіту за виконану лабораторну роботу

Захист звіту за виконану лабораторну роботу передбачає співбесіду здобувача з викладачем, мета якої – оцінити знання здобувача з обговорюваної теми курсу фізики, рівень оволодіння ним відповідними практичними навичками (користування приладами, вміння оцінити похибку вимірювань, вміння скласти письмовий звіт за даними експерименту, зробити висновки за результатами роботи), пояснити студентові допущені помилки.

Закінчується захист звіту оцінкою роботи здобувача в балах, яка вказується в лабораторній роботі.

Альтернативою захисту у вигляді співбесіди є тестування здобувача, яке проводиться за допомогою розробленого сайту «Fast Knowledge Test» студентом БІКС Юрієм Погребняком та доцентом кафедри фізики КНУБА Іриною Азнаурян: <http://13.60.173.20:1194/>.

Практичні заняття та РГР

1. Практичні заняття

До початку кожного заняття на задану тему студент повинен ознайомитися зі змістом лекції на відповідну тему, знати основні закони, поняття та означення з теорії, ознайомитися з типовими розв'язками завдань, які планується обговорювати на занятті (відповідно до рекомендацій викладача).

2. Рекомендації щодо виконання завдань з розв'язування задач

Задача з фізики – це конкретна спроба застосування теорії до кількісного опису фізичного явища. Описати явище – значить пояснити поведінку тіл в тих чи інших умовах. Задача передбачає отримання кількісної відповіді для шуканої величини або аналітичної залежності між величинами. Вправа з фізики передбачає, в основному, якісний аналіз явища і є спробою відтворити фізичні міркування.

Дотримуйтеся такого порядку розв'язування задач з фізики:

1. Вникнути у фізичний зміст задачі. Зробити схематичний малюнок, що відображає геометрію тіл, прикладені сили, електричне коло, хід світлових променів тощо. Встановити, які величини є невідомими.

2. Встановити співвідношення, які можуть бути корисними для знаходження невідомих величин. Окреслити область їх справедливості.

3. Звести фізичну задачу до математичної (до розв'язування системи алгебраїчних рівнянь, обчислення похідних, до інтегрування, додавання векторів тощо).

4. Отримати аналітичний розв'язок (виразити шукану величину через задані, не підставляючи їх числових значень). Іноді, для уникнення громіздкості, допускаються проміжні оцінки величин в числах.

5. Перевірити правильність розв'язку методом аналізу розмірностей.

6. Провести обчислення в системі СІ, використовуючи правила наближених обчислень. Оцінити вірогідність отриманої відповіді.

7. При потребі провести аналіз розв'язку на оптимізацію результату (максимум або мінімум), чи в граничних випадках.

3. Індивідуальне завдання. Розрахунково-графічна робота (РГР)

РГР – письмова робота, направлена на з'ясування та підвищення рівня практичних вмінь та навичок здобувачів з дисципліни «Фізичні основи квантових комп'ютерів».

Відповідно до вихідних даних здобувачу необхідно вміти застосовувати основні закони, формули та фізичні явища до розв'язку задач з таких розділів:

- Закони теплового випромінювання.
- Борівська модель атома гідрогену.
- Хвильова функція. Принцип невизначеності Гайзенберга..
- Рівняння Шрєдінгера.
- Атом гідрогену у зовнішньому магнітному полі. Спін електрона.

Загальний обсяг – 10 задач.

Індивідуальне завдання (РГР) підлягає захисту Здобувачем на заняттях, які призначаються додатково. Література, що рекомендується для виконання індивідуального завдання [2], наведена у цій робочій програмі, а в електронному вигляді вона розміщена на Освітньому сайті КНУБА, на сторінці кафедри.

Також як виконання індивідуального завдання за рішенням викладача може бути зарахована участь Здобувача у міжнародній або всеукраїнській науково-практичній конференції з публікацією у матеріалах конференції тез виступу (доповіді) на одну з тем, дотичних до змісту дисципліни, або публікація статті на одну з таких тем в інших наукових виданнях.

Текст індивідуального завдання подається викладачу не пізніше, ніж за 2 тижні до початку залікової сесії. Викладач має право вимагати від Здобувача доопрацювання індивідуального завдання, якщо воно не відповідає встановленим вимогам.

Вимоги до виконання та оформлення РГР

1. Розрахунково-графічна робота виконується в зошиті в клітинку, на обкладинці якої окрім назви факультету, номера групи, прізвища, ініціалів здобувача слід вказати номер варіанту і номера задач даного варіанту завдання, дату подання роботи (титульна сторінка).

2. Кожну задачу починати розв'язувати з нової сторінки, вказуючи її номер.

3. Умови задач треба переписати повністю. Скласти коротку умову задачі. Перевести всі значення фізичних величин в систему СІ.

4. Рішення задач слід супроводжувати короткими, але вичерпними поясненнями; при необхідності приводиться креслення, виконане за допомогою креслярського приладдя. Для зауважень викладача на сторінках зошита потрібно залишати поля.

5. Розв'язок задачі рекомендується подавати у загальному вигляді, тобто необхідно виразити шукану величину через символи (буквені позначення) величин, заданих в умові. При такому способі рішення значення проміжних величин не обчислюють.

6. Отримавши розрахункову формулу, для перевірки її правильності слід виконати перевірку розмірності, тобто підставити в праву частину позначення одиниць всіх величин, провести над ними необхідні дії і переконатися в тому, що отримана при цьому одиниця відповідає шуканій величині. Якщо такої відповідності немає, це означає, що задача вирішена невірно.

7. Числові значення величин при підстановці їх в розрахункову формулу слід виражати тільки в одиницях СІ.

8. При підстановці в розрахункову формулу, а також при записі відповіді числові значення величин слід записувати як добуток десяткового дробу з однією значущою цифрою перед комою на відповідний ступінь десяти. Наприклад, замість 8680 треба записати $8,68 \cdot 10^3$; замість 0,00256 - $2,56 \cdot 10^{-3}$ тощо.

9. Обчислення за розрахунковою формулою треба проводити з дотриманням правил округлення, остаточну відповідь слід записувати з трьома значущими цифрами. Це відноситься і до випадку, коли результат отриманий із застосуванням калькулятора.

Самостійна робота здобувача (СРЗ)

Самостійна робота здобувача – це форма організації навчального процесу, при якій заплановані завдання виконуються студентом під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі.

Самостійна робота здобувача є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Навчальний час, відведений для самостійної роботи здобувача, визначається навчальним планом і становить не менше 1/3 і не більше 2/3 загального обсягу навчального часу, відведеного для вивчення конкретної дисципліни. Співвідношення обсягів аудиторних занять і самостійної роботи здобувачів визначається з урахуванням специфіки та змісту конкретної навчальної дисципліни, її місця, значення і дидактичної мети в реалізації освітньої професійної програми. Самостійна робота здобувача повинна бути конкретною за своєю спрямованістю і супроводжуватися ефективним контролем та оцінкою її результатів.

Зміст самостійної роботи здобувача полягає в науково обґрунтованій системі дидактично та методично оформленого навчального матеріалу і визначається з урахуванням структурно-логічної схеми підготовки фахівців, яку відображено в освітньо-професійній програмі та робочому навчальному плані. Зміст самостійної роботи здобувача з кожної навчальної дисципліни визначається робочою програмою навчальної дисципліни, методичними матеріалами, завданнями та вказівками викладача.

1. У ході самостійної роботи студент:

- засвоює теоретичний матеріал з навчальної дисципліни, що вивчається (засвоєння лекційного курсу, а також окремих його розділів, тем, положень тощо);
- закріплює знання теоретичного матеріалу, використовуючи необхідний інструментарій практичним шляхом (розв'язання задач, виконання розрахунково-графічних робіт, виконання контрольних робіт, тестів для самоперевірки);
- застосовує отримані знання і практичні навички для аналізу ситуацій і вироблення правильного рішення (підготовка до групової дискусії, підготовча робота в рамках ділової гри, письмовий аналіз конкретної ситуації);

- застосовує отримані знання та уміння для формування власної позиції, теорії, моделі (написання курсової, кваліфікаційної, дипломної, магістерської роботи, наукової доповіді, статті, науково-дослідної роботи)

2. Базова самостійна робота

Забезпечує підготовку здобувача до аудиторних занять і контрольних заходів з усіх навчальних дисциплін навчального плану. Результати цієї підготовки виявляються в активності здобувача на заняттях, при виконанні ним контрольних робіт, тестових завдань й інших видів робіт.

Базова самостійна робота здобувачів може включати такі види робіт:

- опрацювання лекційного матеріалу і рекомендованої літератури;
- пошук (підбір) і огляд літератури і електронних джерел інформації з індивідуально заданої проблеми навчального курсу;
- виконання домашніх завдань;
- вивчення матеріалу, винесеного на самостійне опрацювання;
- підготовка до лабораторних робіт, практичних (семінарських) занять;
- підготовка до написання контрольних робіт, інших форм поточного контролю;
- систематизація вивченого матеріалу перед семестровим екзаменом.

Самостійна робота забезпечується:

- інформаційними ресурсами (довідники, підручники, навчальні посібники, банки індивідуальних завдань тощо);
- електронно-обчислювальною технікою;
- бібліотечними приміщеннями і ресурсами, навчальними кабінетами, комп'ютерними класами, лабораторіями тощо;
- методичними матеріалами (вказівки, практикуми, рекомендаціями тощо);
- матеріалами для здійснення контролю (екзаменаційні білети, контрольні завдання, тести тощо);
- консультаціями з боку викладача;
- можливістю публічного обговорення теоретичних або практичних результатів, отриманих студентом самостійно (диспути, круглі столи, наукові семінари, конференції, олімпіади, конкурси).

Теми СРЗ та розподіл годин

№	Теми	Кількість годин
1	Теплове випромінювання. Теорія та гіпотеза М. Планка.	8
2	Борівська модель атома гідрогену. Хвилі матерії.	8
3	Рівняння Шредінгера та застосування.	8
4	Принцип невизначеності Гайзенберга	8
5	Квантові числа.	8
6	Атом гідрогену у зовнішньому магнітному полі	8
7	Основи квантової інформації	6
8	Квантова криптографія	6
ВСЬОГО		60

Методи контролю та критерії оцінювання знань**1. Методи контролю**

Основні форми участі здобувачів у навчальному процесі, що підлягають поточному контролю: виступ на практичних заняттях; доповнення, опанування до виступу, рецензія на виступ; участь у дискусіях; аналіз першоджерел; письмові завдання (тестові, індивідуальні роботи у формі рефератів); та інші письмові роботи, оформлені відповідно до вимог. Кожна тема курсу, що винесена на лекційні та практичні заняття, відпрацьовується Здобувачами у тій чи іншій формі, наведеній вище. Обов'язкова присутність на лекційних заняттях, активність впродовж семестру, відвідування/відпрацювання усіх аудиторних занять, виконання інших видів робіт, передбачених навчальним планом з цієї дисципліни.

Результати поточного контролю заносяться до журналу обліку роботи. Позитивна оцінка поточної успішності Здобувачів за відсутності пропущених та невідпрацьованих практичних занять та позитивні оцінки за індивідуальну роботу є підставою для допуску до підсумкової форми контролю. Бали за аудиторну роботу відпрацьовуються у разі пропусків.

Загальне оцінювання здійснюється через вимірювання результатів навчання у формі проміжного (модульного) та підсумкового контролю (залік, захист індивідуальної роботи тощо) відповідно до вимог зовнішньої та

внутрішньої системи забезпечення якості вищої освіти. Контрольні заходи передбачають проведення вхідного (за необхідності), поточного, модульного та семестрового контролю. Вхідний, поточний, модульний контроль здійснюється під час проведення практичних та індивідуальних занять з викладачем.

Семестровий контроль виконується за окремим графіком, складеним деканатом факультету.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекцій та планових консультацій у вигляді усного опитування. Поточний контроль за темою лабораторної роботи здійснюється на кожному лабораторному занятті у вигляді усного опитування здобувачів по контрольним питанням, які наведені після кожної лабораторної роботи.

Модульний контроль здійснюється під час практичних занять та індивідуальних занять під контролем викладача відповідно до плану модульних контролів, передбачених робочою програмою. Форма контролю – письмові контрольні роботи, тестування або усне опитування здобувачів. Засоби контролю – контрольні завдання (білети), тести.

Тестове опитування може проводитись за одним або кількома змістовими модулями. В останньому випадку бали, які нараховуються Здобувачу за відповіді на тестові питання, поділяються між змістовими модулями.

Тестове опитування проводиться за допомогою розробленого сайту «Fast Knowledge Test» студентом Юрія Погребняка та Іриною Азнаурян: <http://13.60.173.20:1194/>

Підсумковий контроль здійснюється під час екзаменаційної сесії за умови виконання студентом всіх планових лабораторних робіт та після здачі і захисту всіх контрольних робіт. Засобами контролю є комплект екзаменаційних білетів або тести. Наступне завдання видається при умові якісного виконання попереднього завдання і позитивної оцінки за його захист. Здобувач, котрий отримав за результатами модульних контролів позитивні оцінки за національною шкалою (A, B, C, D, E – за шкалою ECTS), за згодою кафедри та власним бажанням може не складати іспит і отримати підсумкову оцінку у відповідності до набраної суми балів з вивчення дисципліни.

Таблиця 2

Розподіл балів для дисципліни з формою контролю залік

Поточне оцінювання		Підсумковий контроль	Сума балів
Змістові модулі	Інд. робота (РГР)		
1			
40	20	40	100

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.

Таблиця 3

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Умови допуску до підсумкового контролю

Здобувачу, який має підсумкову оцінку за дисципліну від 35 до 59 балів, призначається додаткова залікова сесія. В цьому разі він повинен виконати додаткові завдання, визначені викладачем.

Здобувач, який не виконав вимог робочої програми по змістових модулях, не допускається до складання підсумкового контролю. В цьому разі він повинен виконати визначене викладачем додаткове завдання по змісту відповідних змістових модулів в період між основною та додатковою сесіями.

Здобувач має право на опротестування результатів контролю (апеляцію). Правила подання та розгляду апеляції визначені внутрішніми документами КНУБА, які розміщені на сайті КНУБА та зміст яких доводиться Здобувачам до початку вивчення дисципліни.

2. Критерії оцінювання

Основні знання та навички

Здобувач повинен знати:

- ✓ Зміст поширених в практиці фізичних величин та одиниці їх вимірювання.
- ✓ Зміст основних теорій класичної та сучасної фізики.
- ✓ Формулювання базових фізичних законів та область їх застосування.
- ✓ Способи ідеалізації фізичних явищ та об'єктів (матеріальна точка, абсолютно тверде тіло, гладка поверхня, ламінарна течія, незгасимі коливання, ідеальний газ, абсолютно чорне тіло, еквівалентне електричне коло тощо).
- ✓ Типові експериментальні методи фізичних досліджень.
- ✓ Математичні засоби, що використовуються для опису фізичних явищ.
- ✓ Методи пошуку наукової інформації (користування бібліотечним каталогом, інтернетом).

Здобувач повинен вміти:

- ✓ Виділити фізичний зміст в задачах інженерної практики.
- ✓ Зробити якісний аналіз фізичних процесів та висувати гіпотези.

- ✓ Проводити вимірювання фізичних характеристик матеріальних об'єктів, використовуючи типові лабораторні прилади.
- ✓ Оцінити похибку проведених вимірювань.
- ✓ Виконати найпростіший теоретичний розрахунок закономірностей фізичних явищ з числовою оцінкою характеристик.
- ✓ Робити схематичні малюнки, що відображають фізичну ситуацію з об'єктами вивчення; будувати графіки за даними сумісних вимірювань та надавати їм правильне тлумачення.
- ✓ Користуватися технічними засобами для обробки даних експерименту чи при теоретичних обрахунках (калькулятором, персональним комп'ютером).
- ✓ Користуватися бібліотечним фондом довідкової літератури.

3. Критерії оцінювання

Лабораторна робота

0 балів – відсутність здобувача на занятті; 0-2 бали – формальна готовність до виконання роботи, наявність відповідних записів в зошиті; 3 бали – повна готовність до лабораторної роботи, отриманий допуск до її виконання у викладача; 4 бали – відроблена лабораторна робота за дозволом викладача (з попереднім записом на відробку на кафедрі); 5 балів – здійснені виміри за дозволом викладача (на занятті чи відпрацюванні), розрахунки завершені не повністю (підпис викладача); 6 балів – результати вимірів зняті і опрацьовані, кінцевий результат підписано викладачем; 7-10 балів – повністю виконана лабораторна робота, зданий звіт та теоретичний матеріал.

Мінімальним результатом участі здобувача у занятті має бути наявність допуску викладача до виконання лабораторної роботи. Студент зобов'язаний виконати всі лабораторні роботи за індивідуальним планом.

Практичне заняття

0 балів – відсутність здобувача на занятті; 1-2 бали – присутність здобувача на занятті, наявність в зошиті частини розв'язаних задач; 3 бали – наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті; 4-5 балів – наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті; участь у розв'язуванні задач, володіння основними поняттями і законами відповідної теми; 6-8 балів –

наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті; активна участь у розв'язуванні задач, вміння самостійно розв'язувати задачі відповідної теми.

Мінімальним позитивним результатом участі здобувача у занятті має бути наявність в зошиті всіх задач, розв'язаних на занятті, володіння основними поняттями і законами відповідної теми. Пропущені заняття студент зобов'язаний відробити.

Мінімальні вимоги до знань та вмінь

З тими здобувачами, які до проведення підсумкового семестрового контролю не встигли виконати всі обов'язкові види робіт та мають підсумкову оцінку від 35 до 59 балів (за шкалою оцінювання), проводяться додаткові індивідуальні заняття, за результатами яких визначається, наскільки глибоко засвоєний матеріал, та чи необхідне повторне вивчення дисципліни.

Студент, який виконав навчальний план з дисципліни за семестр – захистив усі лабораторні роботи з мінімальними вимогами до розуміння фізичних процесів, до оформлення протоколу, виконав і захистив РГР не менше ніж на оцінку «задовільно», має право одержати задовільну оцінку по закінченні семестру, якщо він знатиме, також, основні питання теоретичного матеріалу, а саме:

- ✓ знає і розуміє фізичну сутність явищ і законів;
- ✓ знає математичну форму основних фізичних законів;
- ✓ вміє встановити причинно-наслідкові зв'язки;
- ✓ вміє правильно тлумачити зміст фізичних величин і понять;
- ✓ вміє розв'язувати якісні і кількісні стандартні фізичні задачі;
- ✓ вміє користуватись при розрахунках одиницями вимірювання фізичних величин, виконувати рисунки і схеми, які пояснюють суть фізичних явищ, проводить аналіз розмірностей в отримуваних співвідношеннях;
- ✓ обізнаний в питаннях, щодо застосування фізичних принципів у техніці.

Політика щодо академічної доброчесності

Тексти індивідуальних завдань (в т.ч. у разі, коли вони виконуються у формі презентацій або в інших формах) можуть перевірятись на плагіат. Для цілей захисту індивідуального завдання оригінальність тексту має складати не менше 70 %. Виключення становлять випадки зарахування публікацій

Здобувачів у матеріалах наукових конференціях та інших наукових збірниках, які вже пройшли перевірку на плагіат.

Списування під час тестування та інших опитувань, які проводяться у письмовій формі, заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). У разі виявлення фактів списування з боку здобувача він отримує інше завдання.

У разі повторного виявлення призначається додаткове заняття для проходження тестування.

Обов'язковим є виконання таких вимог і принципів:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання;
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Список джерел

Підручники:

1. **Вакарчук І. О.** Квантова механіка : підручник / І. О. Вакарчук. — 4-ге вид., доп. — Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. — 872 с.: 78 іл.
<http://www.ktf.franko.lviv.ua/books/QM4/QM4.pdf>

Навчальні посібники:

2. **Фізика.** Збірник задач: навчальний посібник, 2-ге вид. випр. та доп. / В.І. Клапченко та ін. — Київ.: КНУБА, 2025. — 328 с.
https://knuba365.sharepoint.com/:b:/s/msteams_834d14/EXp9uuBK4KBPrkNHGVmEMmMBmrDi-3JBlhUom928qpmp3g?e=wLBdrP
3. **Теоретична фізика.** Квантова механіка [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» / О. М. Бродин; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Електронні текстові дані (1 файл: 2.6 Мбайт). — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 233 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48871/1/Teoretychna_fizyka_Kvantova_mekhanika.pdf
4. **Фізичний** практикум із застосуванням пакету Excel. Навчальний посібник / Азнаурян І.О та ін.; за заг. ред. Азнаурян І.О. — К.: КНУБА, 2023. — 188 с. <https://org2.knuba.edu.ua/mod/folder/view.php?id=29051>
5. **Physics:** Excel-Based Laboratory Manual. Panova O, Aznauryan I and others — Kyiv; KNUCA, 2020. — 108 p.
<https://org2.knuba.edu.ua/mod/folder/view.php?id=29051>
6. **Лабораторний практикум** з атомної і ядерної фізики . Білюк А.І. — Вінниця: ВДПУ, 2011 р. — 97с.
<https://library.vspu.net/jspui/bitstream/123456789/2889/1/%D0%9B%D0%9F-%D0%90%D1%96%D0%AF%D0%A4.pdf>

Конспекти лекцій / Lecture notes:

7. **Азнаурян І.О.** Фізичні основи квантових комп'ютерів [Електронний ресурс]: конспект лекцій : для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальностями 123 «Комп'ютерна інженерія», 125 «Кібербезпека та захист інформації», для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015.10 «Професійна освіта. Комп'ютерні технології» та усіма формами навчання / І. О. Азнаурян ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. — Київ : КНУБА, 2025. — 131 с.
<https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/15636>

Методичні роботи / Methodical works:

8. *Фізика* [електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання самостійної роботи : для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 12 «Комп'ютерні науки» спеціальностей 123 «Комп'ютерна інженерія» та 125 «Кібербезпека та захист інформації» / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; укладач І. О. Азнаурян. – Київ : КНУБА, 2025. – 35 с. - Бібліогр. : с. 33-35.

<https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/15588>

Інформаційні ресурси / Information resources:

1. <http://library.knuba.edu.ua/>
2. <https://org2.knuba.edu.ua/course/view.php?id=165>
3. <http://repository.knuba.edu.ua/>

Навчально-методичне видання

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КВАНТОВИХ КОМП'ЮТЕРІВ

Методичні вказівки
до вивчення вибіркової компоненти
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти галузі знань F «Інформаційні технології»
спеціальностей F5 «Комп'ютерна інженерія»
та F7 «Кібербезпека та захист інформації»

Укладач **Азнаурян** Ірина Олександрівна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк.1,39. Обл.-вид. арк. 1,5
Електронний документ. Вид № 126/V-25

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.