

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Ректор ДНУ


  
Сергій ОКОВИТИЙ

“ 30 ” 04 2024 р



**ПОГОДЖЕНО**

Проректор з наукової роботи

  
Олег МАРЕНКОВ

“ 30 ” 04 2024 р

**ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПРАНТУРИ**

для здобуття ступеня доктора філософії  
на основі освітнього ступеня магістра (освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста)  
за спеціальністю **105 Прикладна фізика та наноматеріали**  
освітньо-наукова програма **Прикладна фізика та наноматеріали**



Розглянуто на засіданні вченої ради  
факультету фізики, електроніки та  
комп'ютерних систем  
від « 16 » 04 2024 р, протокол № 62

Голова вченої ради  Олександр КОВАЛЕНКО

Дніпро- 2024

Розробники:

Коваленко Олександр Володимирович, завідувач кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів ДНУ, доктор фізико-математичних наук, професор;

Дробахін Олег Олегович, професор кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів ДНУ, доктор фізико-математичних наук, професор, гарант ОНП;

Салтиков Дмитро Юрійович, доцент кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів ДНУ, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Програма вступного іспиту до аспірантури затверджена на засіданні кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів.

Протокол № 8 від « 12 » 03 2024 р.

Завідувач кафедри  проф. Олександр КОВАЛЕНКО

« 12 » 03 2024 р

## МЕТА ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПІРАНТУРИ

Метою вступного іспиту до аспірантури є перевірка рівня теоретичних знань і практичних навичок вступників у галузі прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів, можливостей використання знань й застосування навичок у науковому дослідженні та у практичній діяльності, можливостей творчого опрацювання наукової інформації із застосуванням розуміння міждисциплінарного підходу та можливостей творчого мислення щодо пошуку розв'язання існуючих проблем. У програмі вступного іспиту до аспірантури відображені основні вимоги до підготовки осіб, що вступають до аспірантури за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

### 1. ЗМІСТ ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПІРАНТУРИ

Вступні випробування проводяться за рішенням екзаменаційної комісії з використанням білетів. Для підготовки відповіді використовують екзаменаційні листки, що зберігаються в особовій справі вступника.

З програмами вступних випробувань, переліком питань, порядком проведення вступних випробувань за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, вступники мають змогу ознайомитися на офіційному сайті ДНУ.

Рівень знань вступників оцінюється екзаменаційною комісією за стобальною шкалою. Результати проведення вступного випробування оформляються протоколом, в якому фіксуються екзаменаційні питання. На кожного вступника ведеться окремий протокол.

Протоколи прийому вступних випробувань після затвердження зберігаються в особовій справі вступника.

Вступний іспит до аспірантури для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали складається з питань за наступними розділами:

1. Методологія та організація наукових досліджень.
2. Коливання і хвилі.
3. Техніка та електроніка НВЧ.
4. Сигнали в прикладній фізиці.
5. Основи радіоелектроніки.
6. Комп'ютерний експеримент та цифрова обробка даних.
7. Основи фізики твердого тіла.
8. Квантова радіофізика та нелінійна оптика.
9. Фізичні основи наноелектроніки.

## 2. ПИТАННЯ, ЩО ЗАПРОПОНОВАНО ДЛЯ ВСТУПНИКІВ ДО АСПИРАНТУРИ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 105 ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ, ОНП ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ В 2024 р.

### 2.1. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Наука й наукові дослідження в сучасному світі. Фундаментальні наукові дослідження в галузі прикладної фізики та наноматеріалів. Сутність наукової теорії: принцип та категорії. Методи емпіричного дослідження: спостереження, вимірювання, експеримент. Метод як інструмент для вирішення головного завдання науки. Поняття «методологія» та два основних значення. Три рівні загальнонаукових методів дослідження. Методи теоретичного пізнання: формалізація, аксіоматичний метод, гіпотетико-дедуктивний метод і сходження від абстрактного до конкретного. Загальні методи і прийоми дослідження: аналіз, синтез, абстрагування, ідеалізація, узагальнення, індукція, дедукція. Загально логічні методи і прийоми дослідження: аналогія, моделювання, системний підхід, імовірнісні (статистичні) методи.

### 2.2. КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ

Класифікація коливальних систем. Найпростіша коливальна система. Амплітуда, фаза, початкова фаза, частота, колова і циклічна частота. Ленгмюрівські коливання. Вільні коливання лінійного осцилятора. Розв'язок рівняння лінійного дисипативного осцилятора. Поняття про декремент загасання, логарифмічний декремент загасання, добротність. Вимушені коливання лінійного осцилятора під дією гармонійної сили. Резонанс амплітуди (заряду), резонанс швидкості (струму). Резонансні явища на елементах послідовного коливального контуру. Резонансні явища на елементах паралельного коливального контуру. Власні коливання системи з двома ступенями вільності. Парціальні частоти. Резонансні характеристики системи зв'язаних контурів. Вільні коливання систем з двома ступенями вільності. Графік Віна. Коливання в ланцюзі з однакових атомів. Коливання в ланцюзі з атомів двох видів. Хвильове рівняння. Плоскі хвилі. Розв'язок однорідного хвильового рівняння у випадку виділеного напрямку поширення хвилі. Рівняння Максвелла в диференціальній формі. Рівняння Максвелла в інтегральній формі. Умови на межі поділу для тангенціальних компонент векторів напруженості електричного поля. Умови на межі поділу для тангенціальних компонент векторів напруженості магнітного поля. Умови на межі поділу для нормальних компонент векторів індукції електричного поля. Умови на межі поділу для нормальних компонент векторів індукції магнітного поля. Хвильове рівняння в електродинаміці. Плоскі електромагнітні хвилі та їхні властивості. Плоскі гармонічні хвилі. Фазова швидкість. Плоскі неоднорідні хвилі. Закон збереження енергії в електродинаміці. Вектор Пойнтінга. Поляризація електромагнітних хвиль. Колова поляризація. Метод комплексних амплітуд при гармонійній залежності від часу векторів електромагнітного поля. Комплексний вектор Пойнтінга. Поняття про групову швидкість. Умови використання поняття про групову швидкість. Класифікація дисперсії. Гранична умова на плоскій межі середовищ. Трансляційна симетрія. Закони Снеліуса. Заломлення для середовища Веселаго. Формули Френеля для вертикальної поляризації. Формули Френеля для горизонтальної поляризації. Аналіз формул Френеля: горизонтальна поляризація. Аналіз формул Френеля: вертикальна поляризація. Перехід у формулах Френеля між залежностями для електричного та магнітного поля. Повне відбиття. Критичний кут заломлення. Потік енергії при повному внутрішньому відбитті. Фаза коефіцієнта відбиття при повному внутрішньому відбитті. Електромагнітні хвилі в провідному середовищі. Комплексна діелектрична проникність. Комплексна стала поширення в провідному середовищі. Хвильовий опір у провідному середовищі. Нормальний та аномальний скін-ефект. Явища на межі розділу діелектрик-провідник. Межова умова Леонтовича. Наближені формули Френеля. Структура поля над провідною поверхнею при наявності падаючої хвилі. Середній потік енергії електромагнітної хвилі над провідною поверхнею. Хвильові процеси в

прямокутному хвилеводі. Концепція Бріллюена. Коефіцієнт відбиття від шаруватої структури, роль його полюсів та нулів. Коефіцієнт проходження для шаруватої структури. Резонанс Фано. Закон збереження енергії на межі розділу діелектриків. Брегівський резонанс. Тиск світла. Характеризація електромагнітних властивостей середовища. Класична теорія частотної дисперсії. Співвідношення Крамерса-Кроніга. Ефект Доплера в нерелятивістському випадку. Хвилі в нелінійних пасивних середовищах зі слабкою дисперсією. Структура фронту ударної хвилі. Солітони.

## 2.3 ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА НВЧ

Лінії передачі НВЧ. Основні параметри. Стала поширення. Фазова швидкість. Групова швидкість. Довжина хвилі в лінії передачі. Коефіцієнт корисної дії лінії передачі. Еквівалентна схема лінії передачі. Трансформація опору в лінії передачі. Хвильовий опір лінії передачі. Комплексний коефіцієнт відбиття. Коефіцієнт стоячої хвилі. Коефіцієнт біжучої хвилі. Коаксіальна лінія передачі. Мікросмужкова лінія передачі. Металеві хвилеводи. Критична частота. Критична довжина хвилі. Фазова швидкість у хвилеводі. Групова швидкість у хвилеводі. Довжина хвилі у хвилеводі. Класифікація типів хвиль у прямокутному хвилеводі. Класифікація типів хвиль у циліндричному хвилеводі. Характеристичний опір Е-хвиль у хвилеводі. Характеристичний опір Н-хвиль у хвилеводі. Прямокутний хвилевід. Типи хвиль у прямокутному хвилеводі. Основний тип хвилі прямокутного хвилеводу. Циліндричний (круглий) хвилевід. Типи хвиль у циліндричному хвилеводі. Основний тип хвилі циліндричного хвилеводу. Багатополосники НВЧ. Матриця розсіювання багатополосника НВЧ. Матриця опорів багатополосника. Матриця провідностей багатополосника. Матриці передачі чотириполосника. Фланцеве з'єднання хвилеводів. Нерегулярності у хвилеводах. Нерегулярності в планарних лініях передачі. Штирі у хвилеводі. Хвилевідні діафрагми. Згини хвилеводів. Хвилевідні скручення. Короткозамикальні поршні. Узгодженні навантаження. Атенюатори НВЧ. Матриці розсіювання, основні параметри. Граничні атенюатори. Поглинальні атенюатори. Поляризаційний атенюатор. Фазообертачі НВЧ. Матриці розсіювання, основні параметри. Механічні фазообертачі. Фазообертачі на стискній лінії. Діелектричні фазообертачі. Поляризаційні фазообертачі. Методи узгодження лінії передачі. Узгоджувальні трансформатори. Узгодження хвилеводу за допомогою реактивного штиря. Узгодження лінії передачі за допомогою паралельних шлейфів. Чвертьхвильовий узгоджувальний трансформатор. Ширококутні узгоджувальні трансформатори. Резонатори НВЧ. Власні і резонансні частоти резонаторів. Добротність резонатора. Власна, зовнішня та навантажена добротності резонатора. Коефіцієнт корисної дії резонатора. Коефіцієнт зв'язку резонатора. Еквівалентні схеми резонаторів. Схеми включення резонаторів у тракт НВЧ. Призматичний (прямокутний) резонатор. Класифікація типів коливань призматичного резонатора. Циліндричний резонатор. Класифікація типів коливань циліндричного резонатора. Резонатор біжучої хвилі. Подільники потужності. Хвилевідні Е-трійники. Хвилевідні Н-трійники. Міст Вілкінсона. Спрямовані відгалужувачі. Матриця розсіювання ідеального співспрямованого відгалужувача. Матриця розсіювання ідеального протиспрямованого відгалужувача. Робоче загасання спрямованого відгалужувача. Перехідне ослаблення спрямованого відгалужувача. Розв'язка пліч спрямованого відгалужувача. Спрямованість спрямованого відгалужувача. Нерівномірність поділу спрямованого відгалужувача. Хвилевідні спрямовані відгалужувачі. Кільцевий міст. Квадратний міст. Щілинний міст. Подвійний Т-міст. Спрямовані відгалужувачі на зв'язаних лініях. Феритові пристрої НВЧ. Резонансний феритовий вентиль. Вентиль на зміщенні поля. Невзаємні фазообертачі. Гиратор. Фазовий циркулятор. Циркулятор і вентиль на ефекті Фарадея. Y-циркулятор. Монолітні та гібридні інтегральні схеми НВЧ. Планарні (смужкові) лінії передачі. Пасивні елементи інтегральних схем НВЧ. Резонатори інтегральних схем НВЧ. Частотні фільтри НВЧ на планарних лініях передачі. Подільники та суматори потужності. Спрямовані відгалужувачі на планарних лініях передачі.

Пристрої для керування амплітудою і фазою сигналу. Смушкові невзаємні феритові пристрої. Перетворювачі частоти на смушкових лініях передачі. Мікросмушкові транзисторні підсилювачі НВЧ. Генераторні діоди НВЧ.

## 2.4 СИГНАЛИ В ПРИКЛАДНІЙ ФІЗИЦІ

Класифікація сигналів. Періодичні та неперіодичні сигнали. Комплексний сигнал. Спектр сигналу. Енергія та потужність сигналів. Ортогональність сигналів. Спектральний аналіз сигналів. Узагальнений ряд Фур'є. Нерівність Бесселя. Рівність Парсеваля. Теорема Парсеваля. Гармонічний аналіз періодичних сигналів. Перетворення Фур'є. Спектр прямокутних коливань. Спектр пілкоподібних коливань. Спектр послідовності уніполярних прямокутних імпульсів. Розподіл потужності в спектрі періодичного сигналу. Гармонічний аналіз неперіодичних сигналів. Спектр поодинокого імпульсу і періодичної послідовності. Властивості перетворення Фур'є. Розподіл енергії в спектрі неперіодичного сигналу. Спектр прямокутного імпульсу. Спектр трикутного імпульсу. Спектр гаусівського імпульсу. Спектр імпульсу типу  $\text{sinc}(x)$ . Спектр групи однакових рівновіддалених імпульсів. Спектр експоненціального імпульсу. Дельта – імпульс. Спектри неінтегрованих сигналів. Спектр постійного сигналу. Спектр комплексного експоненціального сигналу. Спектр гармонічного сигналу. Спектр періодичного сигналу. Спектр радіоімпульсу. Суміш імпульсного і гармонічного сигналів. Одиначний стрибок. Перетворення Лапласа. Автокореляційна функція детермінованого сигналу. Взаємна кореляційна функція детермінованих сигналів. Зв'язок між кореляційною функцією і спектральною характеристикою сигналу. Сигнали з обмеженим спектром. Теорема Котельникова. Спектр дискретизованого сигналу. Модульовані сигнали. Сигнали з амплітудною модуляцією. Спектр АМ-сигнала. Кутова модуляція. Спектр сигналу з кутовою модуляцією. Вузькосмугові сигнали. Перетворення Гілберта. Аналітичний сигнал. Кореляційна функція модульованого сигналу. Дискретизація вузькосмугового сигналу. Випадкові сигнали. Основні характеристики. Моментні характеристики випадкового сигналу. Коваріаційна і кореляційна функції випадкового сигналу. Стаціонарні випадкові процеси. Ергодичні випадкові процеси. Взаємно-кореляційна функція випадкового процесу. Інтервал кореляції. Спектральна густина потужності випадкового процесу. Теорема Вінера-Хінчина.

## 2.5 ОСНОВИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Радіотехнічні системи передавання інформації. Диференційне рівняння для опису лінійної інваріантної до зсуву системи. Перехід від коефіцієнту передачі до диференційного рівняння. Імпульсна характеристика лінійної інваріантної до зсуву системи. Перехідна характеристика. Розрахунок вихідного сигналу на основі згортки. Передатна функція. Розрахунок вихідного сигналу із використанням коефіцієнту передачі. Функція кореляції. Узгоджувальний фільтр. Інверсний фільтр. Співвідношення Релея. Спектр добутку сигналів. Спектральна густина радіоімпульсу. Зв'язок між АЧХ та ФЧХ. Проблема узгодження радіотехнічних кіл. Проблема узгодження за допомогою реактивних кіл на зосереджених елементах. Проблема узгодження за допомогою кіл на зосереджених резистивних елементах. Узгодження за допомогою Г-подібних кіл із реактивних зосереджених елементів. Узгодження за допомогою Т- та П-подібних кіл з реактивних зосереджених елементів. Послідовний коливальний контур. Резонанс напруги. Паралельний коливальний контур. Резонанс струму. Фізичні основи роботи змішувача. Поняття дзеркальної частоти. Амплітудний модулятор. Амплітудна модуляція. Балансний модулятор. Амплітудний детектор. Синхронний детектор. Визначення кутової модуляції. Структура частотного детектора. Поняття електричного фільтра. Типи фільтрів. Формули переходу від нормованого ФНЧ-прототипу до інших типів фільтрів. Апроксимація характеристики фільтра за Баттервортом. Технологія проєктування фільтра-прототипу Баттерворта. Поняття

аналітичного сигналу. Квадратурний фільтр. Застосування аналітичного сигналу для розрахунку обвідної та фази часового сигналу. Аналітичний сигнал і поняття миттєвої частоти. Порівняльний аналіз поняття миттєвої частоти і частоти спектральних компонент. ЧМ та АМ порівняння завадостійкості. Додатний та від'ємний зворотній зв'язок. Гребінчастий фільтр. Підсилювачі низької частоти. Зворотні зв'язки в підсилювачах. Диференціальні підсилювальні каскади. Вихідні каскади підсилення, характеристики та параметри. Операційні підсилювачі. Функціональні пристрої на операційних підсилювачах. Генерація коливань. Баланс амплітуд, баланс фаз. Генератори. RC- генератори з поворотом фази. Послідовні логічні пристрої. Комбінаційні логічні пристрої. Типові функціональні вузли цифрових комбінаційних логічних пристроїв. Перетворювачі кодів. Дешифратори. Цифрові компаратори. RS, D, T, JK-тригери. Регістри, лічильники. Загальна структура й основні функції мікропроцесора. Основні режими роботи мікропроцесорних пристроїв. Способи адресації джерел і приймачів інформації. Машинний цикл. Структура мікропроцесорного пристрою. Циклічність роботи мікропроцесора. Слово стану. Шинна організація мікропроцесорних пристроїв. Архітектура. Введення і виведення даних по перериваннях. Схема керування МП у режимі переривань. Схема організації введення і виведення даних за перериванням. Контролери прямого доступу до пам'яті. Організація звертання до пам'яті і зовнішніх пристроїв. Схема. Розподіл простору адрес пам'яті. Формат команд. Способи адресації команд і схеми їхнього виконання. Розподіл команд мікропроцесора залежно від призначення.

## 2.6 КОМП'ЮТЕРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ТА ЦИФРОВА ОБРОБКА ДАНИХ

Фізичні системи та їхні математичні моделі. Модель лінійної інваріантної до зсуву системи на основі інтегралу згортки. Власні функції. Модель системи на основі частотного коефіцієнту передачі. Дискретна згортка. Поняття про цифровий фільтр. Рекурсивні та нерекурсивні фільтри. Перехід від коефіцієнту передачі до диференційного та різницевого рівняння. Загальний розв'язок лінійного різницевого рівняння. Різницеві представлення для похідних, їхні частотні характеристики. Вплив скінченності носія на вигляд спектру. Ефект підміни частот при дискретизації. Частота Найквіста. Зв'язок спектрів дискретизованого і безперервного сигналів. Теорема Котельникова. Теорема Котельникова для аналітичного сигналу. Дискретне перетворення Фур'є та його властивості. Явище Гіббса. Вагові вікна, та їх застосування в спектральному аналізі. Параметричний спектральний аналіз за допомогою перетворення Фур'є. Z-перетворення та його основні властивості. Методи синтезу цифрових фільтрів зі скінченною імпульсною характеристикою. Проектування нерекурсивного фільтру нижніх частот. Проектування цифрових диференціаторів. Формули числового інтегрування як цифрові фільтри. Формули усереднення як цифрові фільтри. Медіанне усереднення. Інтерполяція функцій за формулою Лагранжа як приклад цифрової фільтрації. Методи синтезу цифрових фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою. Метод білінійного Z-перетворення. Метод найменших квадратів. Число обумовленості матриці. Сингулярний розклад. Псевдообернена матриця. Формула Фробеніуса. Метод скінченних різниць для розв'язку рівнянь у частинних похідних.

## 2.7 ОСНОВИ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Міллера. Поширення хвиль в періодичних структурах. Закон Вульфа-Брега. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти та їх утворення. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Сили зв'язку у твердому тілі. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фонони, магнони, екситони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Густина станів. Статистика газу квазічастинок.

Коливання кристалічної решітки. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність решітки. Дебаївська частота. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильнозв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхність Фермі. Ефективна маса. Електрони та дірки. Положення Фермі-рівня в неvirоджених напівпровідниках. Явища в контактах. Потенціальні бар'єри. Контактна різниця потенціалів. Бар'єр Шотки. Струми обмежені просторовим зарядом. Поляризація та ефективне поле у діелектриках. Електрострикція і п'єзоелектрика. Піроелектрики і сегнетоелектрики. Електричний гістерезис. Фізичні властивості сегнетоелектриків в області фазових переходів. Люмінесценція, екситонна люмінесценція. Різноманітності механізмів люмінесценції та екситонної люмінесценції в твердому тілі. Закони збереження імпульсу та енергії при збудженні та випромінюванні. Кінетичні рівняння. Електро- та теплопровідність. Тривалість релаксування. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках і дефектах. Іонна провідність кристалів. Суперіонна провідність. Магнітоопір та ефект Холла. Квантовий ефект Холла. Напівпровідники. Електронна структура. Домішкові рівні. Донори та акцептори, p-n-переходи. Ефект Гана. Фотопровідність. Рекомбінація та релаксація нерівноважних носіїв заряду. Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая. Класифікація та основні властивості магнетиків. Атомний магнетизм та магнітні властивості слабомагнітних речовин. Діамагнетизм системи слабо взаємодіючих атомів і молекул. Діамагнетизм та парамагнетизм твердих тіл. Природа феромагнетизму. Домени. Магнітний гістерезис. Антиферомагнетизм і феромагнетизм. Механізми поглинання фотонів. Поглинання вільними носіями. Решітчасте поглинання. Поглинання зв'язаними носіями. Міжзонні прямі та непрямі переходи.

## 2.8 КВАНТОВА РАДІОФІЗИКА ТА НЕЛІНІЙНА ОПТИКА

Явище ЕПР з точки зору квантової та хвильової теорій. Зв'язок явища ЕПР з ефектом Зеємана. Тонка структура спектрів ЕПР. Надтонка структура спектрів ЕПР. Супернадтонка структура спектрів ЕПР. Форма лінії Гауса. Форма лінії Лоренца. Населеність спінових рівнів. Спонтанні та індуковані переходи в системі спінових рівнів. Спін-гратова та спін-спінова релаксації. Механізми спін-гратової релаксації. Явище ЯМР з точки зору квантової та хвильової теорій. Примушене випромінювання. Співвідношення Ейнштейна. Від'ємний коефіцієнт поглинання та від'ємні температури. Основні поняття та рівняння лазерної генерації. Теорія відкритих резонаторів. Модова структура лазерного випромінювання. Добротність лазерних резонаторів. Параметри пасивного резонатора. Гаусові пучки. Ширина спектральної лінії. Доплерівське уширення. Напівпровідниковий лазер на p-n переході. Твердотільні лазери на кристалах рубіну. НВЧ-генератор на молекулах  $\text{NH}_3$ . Нелінійні явища в оптичному діапазоні: оптичне випрямлення світла та генерація вищих гармонік нелінійним середовищем; вимушене комбінаційне розсіяння та розсіяння Манделштама-Бріллюена, порушення закону Ейнштейна щодо червоної межі фотоефекта. Фізичні принципи побудови модуляторів лазерного випромінювання: ефекти Керра, Погкельса, Фарадея та пружньооптичний ефект. Дифракція Бреґга та Рамана-Ната. Зовнішній фотоефект. Типи фотокатодів. Внутрішній фотоефект: фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, фототиристри, їхні характеристики та параметри. Оптрони, їхні характеристики та параметри, практичне застосування оптронів.

## 2.9 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ

Класифікація квантоворозмірних структур (квантові точки, дроти, плівки, поодинокі квантові ями та надграти). Загальні характеристики квантоворозмірних структур. Класифікація напівпровідникових надграт. Зміна залежності густини квантових станів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємним твердим тілом. Зміни зонних схем напівпровідників та металів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємним твердим тілом. Енергія, імпульс та хвильова функція для електронів у поодинокій квантовій ямі. Технології, що



використовуються для створення квантоворозмірних структур. Нові технологічні досягнення та фізичні явища, що спостерігаються в квантоворозмірних структурах. Фотоелектричні прилади на базі пірі-структур на коваріантних напівпровідникових надгратах. Випромінювальні квантоворозмірні структури: світлодіоди, лазери. Випромінювальні квантоворозмірні структури білого світла. Сучасні типи транзисторів на базі квантоворозмірних структур. Фізичні властивості поруватого Si. Елементи самоорганізації, що спостерігаються в квантоворозмірних структурах. Діагностика квантоворозмірних структур: рентгенодифракційний аналіз, мас-спектральний аналіз, атомно-силова мікроскопія, екситонна та люмінесцентна спектроскопія, зондова скануюча мікроскопія. Квантоворозмірні вуглецеві структури: графен, графан, фулерен.

### 3. КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДПОВІДЕЙ

Екзаменаційні білети із вступного іспиту включають по 3 питання (по одному з різних дисциплін), що потребують розгорнутої відповіді.

Тривалість вступного іспиту до аспірантури - 120 хвилин

Кожна відповідь на питання оцінюється за 100 - бальною шкалою:

**0-59:** бали виставляються вступникові в аспірантуру, який робить принципові помилки у відповідях, не може дати обґрунтовані відповіді на питання білету, не орієнтується в основних теоретичних і практичних положеннях дисциплін, демонструє відсутність розуміння навчального матеріалу.

**60-63:** бали виставляються вступникові в аспірантуру, який демонструє неадекватне розуміння умов завдання, неправильно вибирає шляхи їх вирішення, володіє тільки початковими знаннями

**64-74:** бали виставляються вступникові в аспірантуру, який демонструє знання в обмеженому обсязі, не знає значної частини програмного матеріалу, основних понять з питань прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів, допускає істотні помилки при відповіді на питання, неспроможний виконати практичні завдання.

**75-81:** бали виставляються вступникові в аспірантуру, який знає лише основний матеріал, але не засвоїв його окремих деталей, допускає недоліки у його практичному застосуванні, відчуває труднощі при інтерпретації окремих складових предметних розділів, обмежений в аналізі та узагальненні явищ, користується в відповідях лише матеріалами конспекту лекцій.

**82-89:** бали виставляються вступникові в аспірантуру, який добре володіє програмним матеріалом, грамотно і по суті викладає його, не допускає істотних недоліків у відповідях на запитання практичного характеру, здійснює грамотні експертні висновки. У відповідях користується основною літературою, підручниками, посібниками.

**90-100:** бали виставляються вступникові в аспірантуру, який в повному обсязі володіє програмним матеріалом, вичерпано, послідовно, грамотно й логічно його викладає. У відповідях вступника до аспірантури добре пов'язана теорія та практика. При цьому вступник не зазнає труднощів з відповіддю на питання прикладного характеру, правильно використовує існуючу законодавчу та нормативну базу, показує обізнаність у матеріалі, викладеному в рекомендованих літературних джерелах.

Підсумковий бал за екзаменаційну роботу виставляється як середнє арифметичне балів за кожне завдання.

#### Шкала відповідності оцінок:

Відмінно/Excellent	90-100
Добре/Good	82-89
	75-81
Задовільно/Satisfactory	64-74
	60-63
Незадовільно/Fail	0-59

#### 4. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гапонов О.В. Методологія та організація наукових досліджень. Навчальний посібник. Дніпропетровськ. Інновація. 2014. – 59 с.
2. Конверський А.Є. Основи методології та організації наукових досліджень : навч. посібник / за ред. А.Є. Конверського. – К. : Центр навч. літератури, 2010. – 352 с.
3. Корягін М.В. Основи наукових досліджень: навч. посібник / М.В. Корягін, М.Ю. Чік. – К. : Алерта, 2014. – 622 с.
4. Краснобокий Ю.М. Словник-довідник науковця-початківця / Ю.М. Краснобокий. – К. : Наук. світ, 2000. – 83 с.
5. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посібник / О.В. Крушельницька. – К.: Кондор, 2006. – 192 с.
6. Мокін Б.І. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник / Б.І. Мокін, О.Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 180 с.
7. Добронравова І.С. Філософія та методологія науки : підруч. для вищих навч. закладів / І. Добронравова, Л. Сидоренко. – К., 2008. – 223 с.
8. Чернілевський Д.В. Методологія наукової діяльності : навч. посіб. / Д.В. Чернілевський та ін. ; за ред. Д.В. Чернілевського. – Вид. 3-тє, перероб. – Вінниця, 2012. – 364 с.
9. Анісімов І.О. Коливання і хвилі: Навч. посібник для студентів ВНЗ. – К.: Академпрес, 2003. – 280 с.
10. Хижняк М.А. Теорія хвильових процесів: Навч. посібник. – Х.: Штрих, 2003. – 308 с.
11. Фіалковський О.Т., Дочкін А.Г., Бондаренко Т.Г. Технічна електродинаміка: Навч. посібник. – К.: ДУТ, 2018. – 159 с.
12. Пілінський В.В. Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль: навч. посібник. – К. НТУ України «КП», 2014. – 336 с.
13. Вербицький Є. В. Теорія поля: Навчально-методичний посібник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 262 с.
14. Андрушак А. С., Готра З. Ю., Кушнір О. С. Прикладна електродинаміка інформаційних систем: навч. посібник – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 304 с.
15. Мінаков А.О., Тирнов О.Ф. Статистична радіофізика: Підручник для ВНЗ. – Х.: Факт, 2003. – 528 с.
16. Волощук Ю. І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів ВНЗ. В 4 т. Т. 1. – Х.: Компанія СМІТ, 2003. – 580 с.
17. Волощук Ю. І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів ВНЗ. В 4 т. Т. 2. – Х.: Компанія СМІТ, 2003. – 444 с.
18. Шуми пристроїв телекомунікацій: навч. посібник / О. О. Дробахін, В. І. Магро, В. Д. Рябчій, Д. Ю. Салтиков. – Д.: РВВ ДНУ, 2017. – 80 с.

19. Буланий М. Ф., Коваленко О. В., Омельченко С. О., Штамбур І. В., Якунін О. Я. Підручник. Резонансні явища. Дн-ськ, АРТ-ПРЕС, 2006.
20. Коваленко О. В., Буланий М. Ф., Омельченко С. О., Штамбур І. В. Спеціальний лабораторний практикум з курсу «Квантова електроніка». ДНУ, 2002.
21. Погорелов В.Є. Фізичні основи квантової електроніки: Підручник. – К.: Київ. ун-т, 2007. – 133 с.
22. Колесник Ю.І., Кіпенський А.В. Елементи та пристрої квантової електроніки: Навч. посібник. – Х.: НТУ «ХП», 2016. – 320 с.
23. Панфілов І.П., Флейта Ю.В. Електронні та квантові прилади НВЧ: Навч. посібник. Модуль 1. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 120 с.
24. Панфілов І.П., Флейта Ю.В. Електронні та квантові прилади НВЧ: Навч. посібник. Модуль 2. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 118 с.
25. Буланий М.Ф., Коваленко О.В., Клименко В.І. Методичні вказівки до практикуму з оптоелектроніки М.Ф.. ДНУ, 2002.
31. Косяченко Л. А. Основи інтегральної та волоконної оптики. Чернівці, Рута, 2008.
32. Григорук В.І., Коротков П.А. Основи прикладної оптичної спектроскопії. Теорія спектроскопії. Навчальний посібник. КНУ ім.Тараса Шевченка, 2013. – 319с.
33. Тонкошкур О.С., Гомілко І.В. Проектування мікроконтролерних пристроїв. Практикум: навчальний посібник. Дніпро, 2019 - 100 с.
34. Гомілко І.В., Тонкошкур О.С., Коваленко О.В. Застосування мікроконтролерів. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: «Видавництво ДНУ», 2013 р. – 428 с.
35. Тонкошкур О.С., Гомілко І.В., Коваленко О.В. Мікроконтролерні пристрої. Навчальний посібник. Мікроконтролерні пристрої. Дніпропетровськ: «Видавництво ДНУ», 2011. – 264 с.
36. Тонкошкур О.С., Ігнаткін В.У., Гомілко І.В. Цифрові пристрої та мікропроцесори. Мікроконтролери. Навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2008 – 208 с.
37. Дробахін, О. О. Техніка та напівпровідникова електроніка НВЧ: Навч. посібник / О. О. Дробахін, С. В. Плаксін, В. Д. Рябчій, Д. Ю. Салтиков. – Д.: ДНУ, 2018. – 341 с.
38. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч.1. Елементи та пристрої НВЧ-тракту: Навч. посібник для студентів ВНЗ. – Х.: ХНУРЕ. – 2017. – 152 с.
39. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч.2. Напівпровідникові елементи та пристрої НВЧ: Навч. посібник для студентів ЗВО. – Х.: ХНУРЕ, 2019. – 172 с.
40. Основи мікрохвильової електроніки: Навч. посіб. / В. І. Молчанов, Ю. М. Поплавко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 348 с.
41. Мелков Г.А., Прокопенко О.В. Вибрані розділи з курсу «Мікрохвильова електродинаміка та електроніка»: Навч. посібник. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2013. – 226 с.
42. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. – Вид. центр ЛНУ, 2003. – 410 с.
43. Бойчук В.І. Основи теорії твердого тіла. – Дрогобич. – Коло, 2010. – 264 с.
44. Поплавко Ю.М. Фізика твердого тіла.– К.: Вид-во Політехніка. – 2017. – 415 с.
45. Находкін М.Г., Сиров Ф.Ф. Елементи функціональної електроніки. Київ, УкрІНТІ, 2002. – 323 с.
46. Коваленко О. В., Вашерук О. В., Письменний В. Г., Груздов В. Є. Цифрова схемотехніка, Дніпропетровськ, видавництво ДНУ, 2015. – 166 с.
47. Коваленко О.В., Вашерук О.В., Письменний В. Г., Груздов В.Є. Аналогова схемотехніка, Дніпропетровськ, видавництво ДНУ, 2015. – 371 с.

48. Коваленко О. В., Колбунов В. Р., Тонкошкур О. С., Тищенко В. В. Монографія. Керамічні, склоподібні та квантоворозмірні напівпровідникові структури на основі оксидів і халькогенідів металів. Дніпропетровськ. Видавництво ДНУ, 2013.
49. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури . Львів. Львівська політехніка, 2009.
50. Шпак А.В., Куницький Ю.А., Карбовский В.Л. Кластери і наноструктурні матеріали. Київ, Академперіодика, 2001.
51. Бабіч А.В., Коротун А.В. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни «Фізика низькорозмірних систем». Запоріжжя, ЗНТУ, 2015.
52. Находкін М., Шека Д. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. Київ. КНУ, 2005.
53. Находкін М, Сизов Ф. Елементи функціональної електроніки. Київ. УкрІНТЕЛ, 2002.
54. Шпак А, Куницький Ю., Коротченко О., Смик С. Квантові низькорозмірні системи. Київ. Академперіодика, 2003.
55. Методи комп'ютерного експерименту в радіофізиці. – Х.: ХНУ, 2016. – 256 с.
56. Чисельні методи в прикладній фізиці. – Х.: ХНУ, 2011. – 172 с.
57. Сисоєв В. М. Основи радіоелектроніки. – К.: Вища шк., 2004. – 279 с.