

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор



Сергій ОКОВИТИЙ

«09»

06 2025 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

Олег МАРЕНКОВ

«09»

06

2025 р.

ПРОГРАМА
ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ
для здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю **Е6 Прикладна фізика та наноматеріали**
освітньо-наукова програма **Прикладна фізика та наноматеріали**
на основі освітнього ступеня магістра (освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста)
з іншої галузі



Розглянуто на засіданні вченої ради
факультету фізики, електроніки та
комп'ютерних систем
від «05» 06 2025 р.; протокол № 73

Голова вченої ради  Олександр КОВАЛЕНКО

Дніпро-2025

Розробники:

Коваленко Олександр Володимирович, в.о.завідувача 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 № 11 від « 22 » 05 2025 р.

В. о. Завідувача кафедри  проф. Олександр КОВАЛЕНКО

“ 22 ” 05 2025 р

МЕТА ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ДО АСПРАНТУРИ

Метою додаткового вступного випробування до аспірантури є первісна перевірка на основі тестів рівня теоретичних знань, умінь і практичних навичок вступників у галузі прикладної фізики 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 додаткового вступного в пробування до аспірантури відображені основні вимоги до підготовки осіб, що вступають до аспірантури за спеціальністю Е6 Прикладна фізика та наноматеріали. на основі освітнього ступеня магістра (освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста) з іншої галузі

1. ЗМІСТ ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ДО АСПРАНТУРИ

Додаткові вступні випробування проводяться з використанням тестів. Для підготовки відповіді використовують екзаменаційні листки, що зберігаються в особовій справі вступника.

З програмами вступних випробувань, переліком питань, порядком проведення вступних випробувань за спеціальністю Е6 Прикладна фізика та наноматеріали, вступники мають змогу ознайомитися на офіційному сайті ДНУ.

Рівень знань вступників оцінюється екзаменаційною комісією за 200-бальною шкалою. Результати проведення вступного випробування оформляються протоколом. 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 Е6 Прикладна фізика та наноматеріали складається з тестів за наступними дисциплінами:

1. Коливання і хвилі.
2. Сигнали в прикладній фізиці.
3. Основи радіоелектроніки.
4. Комп'ютерний експеримент та цифрова обробка даних.
5. Основи фізики твердого тіла.
6. Квантова радіофізика та нелінійна оптика.

2. ЗМІСТ РОЗДІЛІВ ТА ТЕМ ДИСЦИПЛІН

2.1. КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ

Класифікація коливальних систем. Найпростіша коливальна система. Амплітуда, фаза, початкова фаза, частота, колова і циклічна частота. 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. Скалярні та векторні поля: диференціальні оператори, інтегральні теореми. Рівняння Максвелла у системі СІ та їх фізична інтерпретація. Рівняння Максвелла в диференціальній формі. Рівняння Максвелла в інтегральній формі. Метод комплексних амплітуд в радіофізиці. Формули Ейлера. Хвильове рівняння. Плоскі хвилі. Розв'язок однорідного хвильового рівняння у випадку виділеного напрямку поширення хвилі. Інтерференція падаючої та відбитої хвиль. Стояча хвиля, КСХН, КБХ. Закони трансформації коефіцієнту відбиття та опору вздовж напрямку поширення. 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. Плоска, циліндрична та сферична хвилі. Спеціальні функції. Закон збереження енергії в електродинаміці. Вектор Пойнтінга. Поляризація електромагнітних хвиль. Колова поляризація. Поняття про групову швидкість. Гранична умова на плоскій межі середовищ. Трансляційна симетрія. Закони Снеліуса. 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. Електромагнітні хвилі в провідному середовищі. Комплексна діелектрична проникність. Комплексна стала поширення в провідному середовищі. Хвильовий опір у провідному середовищі. Нормальний скін-ефект. Явища на межі розділу діелектрик-провідник. Тиск електромагнітної хвилі. Просвітлення оптики. Зони Френеля. Ефект Доплера.

2.2 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. Спектр групи однакових рівновіддалених імпульсів. Спектр експоненціального імпульсу. Дельта – імпульс. Спектр радіоімпульсу. Сигнали з обмеженим спектром. Теорема Котельникова. Спектр дискретизованого сигналу. Модульовані сигнали. Сигнали з амплітудною модуляцією. Спектр АМ-сигналу. Кутова модуляція. Спектр сигналу з кутовою модуляцією. Вузкосмугові сигнали. Спектр добутку і згортки сигналів. Аналітичний сигнал і методи його розрахунку. Розрахунок обвідної та фази часового сигналу. Миттєва частота.

2.3 ОСНОВИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Радіотехнічні системи передавання інформації. Рівняння Кірхгофа для постійного та змінного струму. Диференційне рівняння для опису лінійної інваріантної до зсуву системи. Перехід від коефіцієнту передачі до диференційного рівняння. Поняття про δ -функцію. Інтегрування виразів з δ -функцією. Імпульсна характеристика лінійної інваріантної до зсуву системи. Перехідна характеристика. Розрахунок вихідного сигналу на основі згортки. Передатна функція. Розрахунок вихідного сигналу із використанням коефіцієнту передачі. Спектр добутку сигналів. Послідовний коливальний контур. Резонанс напруги. Паралельний коливальний контур. Резонанс струму. Зв'язані контури. Чотиріполюсники. Кола з розподіленими постійними. Інтегральні перетворення Фур'є, Лапласа: означення, основні властивості та використання при моделюванні електронних схем. Поняття електричного фільтра. Типи фільтрів. Підсилювачі низької частоти. Зворотні зв'язки в підсилювачах. Диференціальні підсилювальні каскади. Вихідні каскади підсилення, характеристики та параметри. Операційні підсилювачі. Баланс амплітуд, баланс фаз. Генератори. RC-генератори з поворотом фази. Детектування сигналів. Перетворення частоти. Супергетеродин. Переміщення електронів в електричному та магнітному полях. Принцип дії біполярного транзистора. Параметри та характеристики біполярного транзистора. Схеми включення та основні параметри біполярних транзисторів. Динамічні характеристики роботи транзистора. режими роботи біполярних транзисторів. Класи підсилення: А, В, АВ, С. Принцип та схеми забезпечення заданого положення робочої точки. МДН-транзистори. Перехідні процеси в RC-колах. Перехідні процеси в RL-колах. Контакт електронного та діркового напівпровідників. ВАХ тонкого р-n переходу. Випрямлення струму в р-n переході. Контакт вироджених електронного та діркового напівпровідників. Тунельний діод. Пробій р-n переходу. Стабілітрон. Фотоефект в р-n-переході. Сонячні батареї. Контакт метал-напівпровідник. Діоди Шоткі.

2.4 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. Дискретне перетворення Фур'є та його властивості. Формули числового інтегрування як цифрові фільтри. Інтерполяція функцій за формулою Лагранжа як приклад цифрової фільтрації. Розв'язання нелінійних рівнянь методом Ньютона. Чисельне інтегрування за квадратурними формулами.

2.5 ОСНОВИ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Міллера. Поширення хвиль в періодичних структурах. Коливання лінійного ланцюжка атомів одного та різного сорту. Аналіз закону дисперсії. Оптичні та акустичні коливання. Закон Вульфа-Брега. Теорема Блоха. Обернена ґратка. Зона Бриллюена для 1, 2х та 3х мірної кубічної ґратки. Граничні умови Борна-Кармана. Гіпотеза де-Бройля. Хвильові властивості речовини. Дефекти в кристалах. Точкові дефекти та їх утворення. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Описання енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Фоони, маґнони, екситони, плазмони та ін. Електрони в металі як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон

дисперсії. Теорема Блоха. Дебаївська частота. Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення слабо і сильно зв'язаних електронів. Зонна схема та типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхність Фермі. Ефективна маса. Електрони та дірки. Напівпровідники. Електронна структура. Домішкові рівні. Донори та акцептори, р-п-переходи. 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 слабкомагнітних 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. Ефект Холла. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Зовнішній та внутрішній фотоэффект. Концентрація вільних електронів та дірок в зоні провідності та валентній зоні напівпровідника. Ефективна маса носіїв заряду. Її визначення за допомогою циклотронного резонансу. Дифузійні та дрейфові струми. Напівпровідник у зовнішньому електричному полі. Дебаєвська довжина екранування. Надпровідність: основні факти та їх аналіз. Основні напрями застосування надпровідності. Поняття про: Ефект Зеебека, Піроелектричний ефект, Електротермічний ефект Пельтьє, Електротермічний ефект Томсона, Фотогальванічний ефект, Ефект фотопровідності, Ефект магнітострикції, П'єзоелектричний ефект, Ефект Рамана, Ефект Поккельса, Ефект Керра, Ефект Фарадея, Ефект Зеемана. Ефект Джоузефсона.

2.6 КВАНТОВА РАДІОФІЗИКА ТА НЕЛІНІЙНА ОПТИКА

Явище ЕПР з точки зору квантової та хвильової теорій. Зв'язок явища ЕПР з ефектом Зеемана. Тонка структура спектрів ЕПР. Надтонка структура спектрів ЕПР. Супернадтонка структура спектрів ЕПР. Форма лінії Гауса. Форма лінії Лоренца. Населеність спінових рівнів. Спонтанні та індуквані 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 р-п переході. Твердотільні лазери на кристалах рубіну. НВЧ-генератор на молекулах NH_3 . Нелінійні явища в оптичному діапазоні: оптичне випромінювання світла та генерація вищих гармонік нелінійним середовищем; вимушене комбінаційне розсіяння та розсіяння Мандельштама-Бріллюена, порушення закону Ейнштейна щодо червоної межі фотоэффекта. Фізичні принципи побудови модуляторів лазерного випромінювання: ефекти Керра, Поккельса, Фарадея та пружнооптичний ефект. Дифракція Брегга та Рамана-Ната. Зовнішній фотоэффект. Типи фотокатодів. Внутрішній фотоэффект: фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, фототиристри, їхні характеристики та параметри. Оптрони, їхні характеристики та параметри, практичне застосування оптронів. Густина енергії електромагнітного поля лазерного випромінювання.

ПИТАННЯ, ЩО ЗАПРОПОНОВАНІ ДЛЯ ВСТУПНИКІВ ДО АСПІРАНТУРИ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ Е6 ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ, ОНП ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ В 2025 р.

Амплітуда, фаза, початкова фаза, частота, колова і циклічна частота.
Вільні коливання лінійного осцилятора.
Розв'язок рівняння лінійного дисипативного осцилятора. Поняття про декремент загасання, логарифмічний декремент загасання, добротність.
Резонансні явища на елементах послідовного коливального контуру.
Скалярні та векторні поля: диференціальні оператори, інтегральні теореми.
Рівняння Максвелла в диференціальній та інтегральній формі у системі СІ та їх фізична інтерпретація.
Метод комплексних амплітуд в радіофізиці. Формули Ейлера.
Хвильове рівняння. Плоскі хвилі.
Розв'язок однорідного хвильового рівняння у випадку виділеного напрямку поширення хвилі.
Інтерференція падаючої та відбитої хвилі. Стояча хвиля, КСХН, КБХ.
Закони трансформації коефіцієнту відбиття та опору вздовж напрямку поширення.
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.
Плоска, циліндрична та сферична хвилі. Спеціальні функції.
Закон збереження енергії в електродинаміці.
Вектор Пойнтінга.
Поляризація електромагнітних хвилі. Колова поляризація.
Поняття про групову швидкість.
Гранична умова на плоскій межі середовищ. Трансляційна симетрія.
Закони Снеліуса.
Формули Френеля для вертикальної поляризації. Формули Френеля для горизонтальної поляризації. Аналіз формул Френеля: горизонтальна поляризація. Аналіз формул Френеля: вертикальна поляризація.
Повне відбиття. Критичний кут заломлення.
Електромагнітні хвилі в провідному середовищі. Комплексна діелектрична проникність. Комплексна стала поширення в провідному середовищі. Хвильовий опір у провідному середовищі.
Нормальний скін-ефект.
Тиск електромагнітної хвилі.
Просвітлення оптики.
Зони Френеля.
Ефект Доплера.
Класифікація сигналів. Періодичні та неперіодичні сигнали. Комплексний сигнал.
Спектр сигналу. Спектральний аналіз сигналів. Узагальнений ряд Фур'є.
Гармонічний аналіз періодичних сигналів.
Перетворення Фур'є.
Спектр прямокутних коливань. Спектр пілкоподібних коливань. Спектр послідовності уніполярних прямокутних імпульсів.
Гармонічний аналіз неперіодичних сигналів.
Спектр поодинокого імпульсу і періодичної послідовності.
Властивості перетворення Фур'є.

Спектр групи однакових рівновіддалених імпульсів. Спектр експоненціального імпульсу.
Дельта – імпульс.
Спектр радіоімпульсу.
Сигнали з обмеженим спектром.
Теорема Котельникова.
Спектр дискретизованого сигналу.
Сигнали з амплітудною модуляцією. Спектр АМ-сигнала.
Кутова модуляція. Спектр сигналу з кутовою модуляцією.
Вузькосмугові сигнали.
Спектр добутку і згортки сигналів.
Аналітичний сигнал і методи його розрахунку.
Розрахунок обвідної та фази часового сигналу. Миттєва частота.
Рівняння Кірхгофа для постійного та змінного струму.
Диференційне рівняння для опису лінійної інваріантної до зсуву системи.
Перехід від коефіцієнту передачі до диференційного рівняння.
Поняття про δ -функцію. Інтегрування виразів з δ -функцією.
Імпульсна характеристика лінійної інваріантної до зсуву системи.
Перехідна характеристика.
Передавна функція.
Послідовний коливальний контур. Резонанс напруги.
Паралельний коливальний контур. Резонанс струму.
Кола з розподіленими постійними.
Інтегральні перетворення Фур'є, Лапласа: означення, основні властивості та використання при моделюванні електронних схем.
Поняття електричного фільтра. Типи фільтрів.
Підсилювачі низької частоти. Зворотні зв'язки в підсилювачах.
Детектування сигналів.
Перетворення частоти. Супергетеродин.
Переміщення електронів в електричному та магнітному полях.
Принцип дії біполярного транзистора. Параметри та характеристики біполярного транзистора.
Схеми включення та основні параметри біполярних транзисторів.
Перехідні процеси в RC-колах. Перехідні процеси в RL-колах.
Перехід від коефіцієнту передачі до диференційного та різницевого рівняння.
Різницеві представлення для похідних, їхні частотні характеристики.
Ефект підміни частот при дискретизації. Частота Найквіста.
Дискретне перетворення Фур'є та його властивості.
Формули числового інтегрування як цифрові фільтри.
Інтерполяція функцій за формулою Лагранжа як приклад цифрової фільтрації.
Розв'язання нелінійних рівнянь методом Ньютона.
Чисельне інтегрування за квадратурними формулами.
Будова кристалів. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Міллера.
Обернена ґратка. Зона Бриллюена для 1, 2х та 3х мірної кубічної ґратки.
Граничні умови Борна-Кармана.
Гіпотеза де-Бройля. Хвильові властивості речовини.
Ефективна маса.
Електрони та дірки. Напівпровідники.
Донори та акцептори, p-n-переходи.
Фотопровідність.
Теплоємність. Температурна залежність теплоємності. Моделі Ейнштейна та Дебая. Ефект Холла.
Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.
Зовнішній та внутрішній фотоэффект.

Концентрація вільних електронів та дірок в зоні провідності та валентній зоні напівпровідника.
Дифузійні та дрейфові струми.

Поняття про: Ефект Зеебека, Піроелектричний ефект, Електротермічний ефект Пельтьє, Електротермічний ефект Томсона, Фотогальванічний ефект, Ефект фотопровідності, Ефект магнітострикції, П'єзоелектричний ефект, Ефект Рамана, Ефект Поккельса, Ефект Керра, Ефект Явища ЕПР з точки зору квантової та хвильової теорій.

Зв'язок явища ЕПР з ефектом Зеемана. 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. 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.

Густина енергії електромагнітного поля лазерного випромінювання.

3. КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДПОВІДЕЙ

Екзаменаційні білети із додаткового вступного випробування включають по 50 тестів закритого типу з чотирма можливими відповідями, 4 бали за кожну вірну відповідь.

Тривалість вступного іспиту до аспірантури – 120 хвилин.

Підсумковий бал за екзаменаційну роботу виставляється як сума балів, що отримані за відповідь по кожному з тестів.

Вступник, який набрав більше 100 балів, вважається таким, що здав додаткове вступне випробування.

4. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анісімов І.О. Коливання і хвилі: Навч. посібник для студентів ВНЗ. – К.: Академпрес, 2008. – 280 с.
2. Хижняк М.А. Теорія хвильових процесів: Навч. посібник. – Х.: Штрих, 2003. – 308 с.
3. Болеста І.М. Теорія електромагнітного поля. – Львів: ЛНУ, 2013. – 478 с.
4. Фіалковський О.Т., Дочкін А.Г., Бондаренко Т.Г. Технічна електродинаміка: Навч. посібник. – К.: ДУТ, 2018. – 159 с.
5. Пілінський В.В. Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль: навч. посібник. – К. НТУ України «КП», 2014. – 336 с.
6. Вербицький Є. В. Теорія поля: Навчально-методичний посібник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 262 с.
7. Андрущак А. С., Готра З. Ю., Кушнір О. С. Прикладна електродинаміка інформаційних систем: навч. посібник – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 304 с.
8. Волощук Ю. І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів ВНЗ. В 4 т. Т. 1. – Х.: Компанія СМІТ, 2003. – 580 с.
9. Волощук Ю. І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів ВНЗ. В 4 т. Т. 2. – Х.: Компанія СМІТ, 2003. – 444 с.

10. Буланий М. Ф., Коваленко О. В., Омельченко С. О., Штамбур І. В., Якунін О. Я. Підручник. Резонансні явища. Дн-ськ, АРТ-ПРЕС, 2006.
11. Коваленко О. В., Буланий М. Ф., Омельченко С. О., Штамбур І. В. Спеціальний лабораторний практикум з курсу «Квантова електроніка». ДНУ, 2002.
12. Погорелов В.Є. Фізичні основи квантової електроніки: Підручник. – К.: Київ. ун-т, 2007. – 133 с.
13. Колесник Ю.І., Кіпенський А.В. Елементи та пристрої квантової електроніки: Навч. посібник. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – 320 с.
14. Панфілов І.П., Флейта Ю.В. Електронні та квантові прилади НВЧ: Навч. посібник. Модуль 1. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 120 с.
15. Панфілов І.П., Флейта Ю.В. Електронні та квантові прилади НВЧ: Навч. посібник. Модуль 2. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 118 с.
16. Буланий М.Ф., Коваленко О.В., Клименко В.І. Методичні вказівки до практикуму з оптоелектроніки М.Ф.. ДНУ, 2002.
17. Косяченко Л. А. Основи інтегральної та волоконної оптики. Чернівці, Рута, 2008.
18. Григорук В.І., Коротков П.А. Основи прикладної оптичної спектроскопії. Теорія спектроскопії. Навчальний посібник. КНУ ім.Тараса Шевченка, 2013. – 319с.
19. 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.
20. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. – Вид. центр ЛНУ, 2003. – 410 с.
21. Бойчук В.І. Основи теорії твердого тіла. – Дрогобич. – Коло, 2010. – 264 с.
22. Поплавко Ю.М. Фізика твердого тіла.– К.: Вид-во Політехніка. – 2017. – 415 с.
23. Коваленко О. В., Вашерук О. В., Письменний В. Г. , Груздов В. Є. Цифрова схемотехніка, Дніпропетровськ, видавництво ДНУ, 2015. – 166 с.
24. Коваленко О.В., Вашерук О.В., Письменний В. Г., Груздов В.Є. Аналогова схемотехніка, Дніпропетровськ, видавництво ДНУ, 2015. – 371 с.
25. Методи комп'ютерного експерименту в радіофізиці. – Х.: ХНУ, 2016. – 256 с.
26. Чисельні методи в прикладній фізиці. – Х.: ХНУ, 2011. – 172 с.
27. Сисоєв В. М. Основи радіоелектроніки. – К.: Вища шк., 2004. – 279 с.