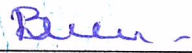


**Міністерство освіти і науки України**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**

Затверджено  
на засіданні приймальної комісії  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
28.03.2025 р. (протокол № 4)

В. о. ректора  Володимир МЕЛЬНИК

**ПРОГРАМА**

**фахового вступного випробування**  
**для здобуття освітнього ступеня магістра**

**Спеціальність – G5 «Електроніка, електронні комунікації**  
**приладобудування та радіотехніка»**  
**Освітня програма – Пристрої та матеріали сенсорної електроніки**

**Львів 2025**

**Програма вступних фахових випробувань на освітньо-кваліфікаційний рівень  
“магістр” зі спеціальності  
G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка  
факультету електроніки та комп’ютерних технологій**

Вступні випробування проводяться на основі екзаменаційних питань навчальних програм дисциплін циклу професійної та практичної підготовки навчального плану спеціальності G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка.

Фахове випробування – форма вступного випробування для вступу на основі здобутого (або такого, що здобувається) ступеня або освітньо-кваліфікаційного рівня вищої освіти, яка передбачає перевірку здатності до опанування освітньої програми певного рівня вищої освіти на основі здобутих раніше компетентностей.

Підстави зарахування: наявність вищої освіти першого (бакалаврського) рівня підтвердженого відповідним дипломом та складання іспитів: ЄВІ та фахового іспиту.

Конкурсний бал розраховується відповідно до алгоритму розрахунку при вступі на освітній рівень магістра. Конкурсний бал розраховується:

Конкурсний бал (КБ) = 0,2 П1 + 0,2 П2 + 0,6 П3, де:

П1 – оцінка тесту загальної навчальної компетентності ЄВІ;

П2 – оцінка тесту з іноземної мови ЄВІ;

П3 – оцінка фахового іспиту.

Базу тестів фахового вступного випробування (ФВВ) спеціальності G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка на освітній рівень «магістр» складають 3100 тестів з дисциплін: «Вища математика»; «Загальна фізика»; «Архітектура комп’ютерів»; «Програмування»; «Теорія імовірностей, мат. Статистика»; «Аналогова і цифрова схемотехніка»; «Метрологія»; «Цифрові сигнали»; «Мікропроцесорна техніка»; «Фізична електроніка»; «Мережі та протоколи»; «Твердотільна електроніка»; «Теорія електричних та електронних кіл»; «САПР електронних систем»; «Біомедична інженерія та штучний інтелект»; «Принципи побудови аналітичних систем»; «Теорія електромагнітного поля»; «Тестування і характеристика систем»; «Напівпровідникова електроніка»; «Автоматизація експерименту»; «Моделювання процесів та систем»; «Оптоелектроніка»; «Квантова електроніка»; «Фізичні основи роботи біомедичної апаратури».

Працівники Приймальної комісії Львівського національного університету імені Івана Франка формують індивідуальні набори тестів за кількістю вступників в день фахових випробувань. Тести мають форму бланкового опитування. Абітурієнт має визначити правильну відповідь серед наведених тверджень. Кожна правильна відповідь оцінюється у 4 умовні бали (загалом max=100), що є оцінкою (від 100 до 200) результату фахових випробувань.

Серед 25 завдань, які входять до екзаменаційного білету в середньому міститься 1–2 завдання з курсу «Вища математика»; 2–3 завдання з курсу «Загальна фізика»; 2–3 завдання з курсу «Архітектура комп'ютерів»; «Програмування»; та по 1 завданні з курсів «Теорія імовірностей, мат. статистика»; «Аналогова і цифрова схемотехніка»; «Метрологія»; «Цифрові сигнали»; «Мікропроцесорна техніка»; «Фізична електроніка»; «Мережі та протоколи»; «Твердотільна електроніка»; «Теорія електричних та електронних кіл»; «САПР електронних систем»; «Біомедична інженерія та штучний інтелект»; «Принципи побудови аналітичних систем»; «Теорія електромагнітного поля»; «Тестування і характеристика систем»; «Напівпровідникова електроніка»; «Автоматизація експерименту»; «Моделювання процесів та систем»; «Оптоелектроніка»; «Квантова електроніка»; «Фізичні основи роботи біомедичної апаратури».

Академічна доброчесність при складанні іспиту: очікується, що вступники під час процедури фахових випробувань будуть представляти їхні знання та міркування. Списування, втручання у роботу інших вступників, отримання додаткової інформації за допомогою гаджетів тощо становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності під час процедури фахових випробувань є підставою для незарахування результатів приймальною комісією, незалежно від масштабів списування чи обману у будь-якій формі.

### **«Вища математика»**

Матриці та операції над ними. Визначники 2-ого та 3-ого порядку. Обернена матриця, умови існування оберненої матриці й алгоритм її обчислення.

Системи лінійних неоднорідних рівнянь. Розв'язування систем лінійних рівнянь методом оберненої матриці та методом Крамера.

Вектори на площині та у просторі. Лінійні операції над векторами. Скалярний, векторний та мішаний добуток векторів, їхні властивості та застосування.

Види рівняння прямої на площині. Кут між прямими. Умови паралельності та перпендикулярності прямих. Відстань від точки до прямої.

Лінії другого порядку. Рівняння кола, еліпса, гіперболи, параболи.

Види рівняння площини. Кут між площинами. Умови паралельності та перпендикулярності площин. Відстань від точки до площини.

Пряма у просторі. Види рівняння прямої у просторі. Кут між прямими. Умови паралельності й перпендикулярності прямих.

Числові послідовності та їхні границі. Границя функції в точці. Перша і друга важливі границі.

Похідні елементарних функцій. Правила диференціювання складеної, оберненої та параметрично заданої функції. Диференціал функції. Похідні та диференціали вищих порядків.

Поняття функції багатьох змінних. Частинні похідні складеної та неявної функції. Повний диференціал функції. Похідна за напрямом. Градієнт.

Поняття невизначеного інтеграла та його властивості. Таблиця інтегралів. Основні методи інтегрування: заміна змінної під інтегралом; інтегрування частинами; інтегрування дробово-раціональних функцій.

Визначений інтеграл, його властивості. Застосування визначеного інтеграла до задач фізики та механіки.

Невласні інтеграли першого та другого роду. Критерії збіжності невластних інтегралів.

Поняття диференціального рівняння. Диференціальні рівняння першого порядку з відокремлюваними змінними.

Розв'язування лінійних диференціальних рівнянь вищих порядків із сталими коефіцієнтами. Метод варіації сталої та метод невизначених коефіцієнтів.

## **«Загальна фізика»**

Закони динаміки матеріальної точки. Рівняння руху. Сили і взаємодії. Маса, як міра інертності. Рівняння моментів для обертового руху матеріальної точки.

Закон збереження імпульсу, закон збереження моменту імпульсу для ізольованої системи. Закон збереження механічної енергії.

Динаміка твердого тіла. Обертальний рух твердого тіла відносно нерухомої осі. Приклади обчислення моментів інерції. Кінетична енергія руху твердого тіла.

Коливний рух. Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань. Амплітуда, частота, фаза. Власні коливання.

Ізопроееси в газах. Адіабатичний процес. Рівняння Пуасона.

Робота ідеального газу при ізопроеесах. Теплоємність ідеального газу.

Розподіли класичної статистики, їх сенс і властивості. Барометрична формула. Розподіли Максвела та Больцмана.

Властивості електричних зарядів. Взаємодія нерухомих електричних зарядів. Електростатичне поле. Потенціал і напруженість поля. Теорема Гауса-Остроградського.

Діелектрики. Поляризація діелектриків. Полярні і неполярні діелектрики. Сегнето- і п'єзоелектрики. Антисегнетоелектрики. Піроелектрики.

Магнітне поле, створене електричним струмом. Закон Біо-Савара-Лапласа. Сила Лоренца.

Електропровідність речовин. Електронна теорія провідності металів.

Електромагнітна індукція. Основний закон електромагнітної індукції. Технічне використання явища.

Електромагнітні хвилі та їх властивості. Шкала електромагнітних хвиль.

Хвильова природа світла. Інтерференція світла.

Дифракція світла. Дифракційна ґратка і інші дифракційні прилади.

Поляризація світла. Поляризація при відбиванні та заломленні світла. Подвійне променезаломлення.

Квантова природа світла. Фотоефект. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Ефект Комптона.

Теплове випромінювання та люмінесценція. Закони теплового випромінювання.

Розвиток атомістичних уявлень. Дискретність процесів випускання та поглинання випромінювання. Спектр атома водню. Постулати Бора. Досліди Франка-Герца. Борівська теорія атома водню і її труднощі.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів. Електронографія. Необхідність імовірностної інтерпретації квантових явищ. Співвідношення невизначеностей.

Багатоелектронні атоми. Електронні стани атома та їх заповнення. Фізичне пояснення періодичного закону.

Спонтанне та вимушене випромінювання. Принцип дії лазерів.

Ядерна модель атома. Досліди Резерфорда. Формула Резерфорда для розсіювання а-частинок. Складові частини і характеристики атомних ядер. Дефект маси і енергія зв'язку атомного ядра.

Радіоактивність. Природна і штучна радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Характеристики  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$ -розпадів.

Ядерні реакції. Реакції поділу та синтезу ядер. Ланцюгові ядерні реакції. Термоядерні реакції.

### **«Архітектура комп'ютерів»; «Програмування»;**

Багаторівневий принцип організації комп'ютерів.

Системи числення та представлення інформації в комп'ютерній техніці.

Шинна організація комп'ютера. Шини PCI, PCIe, USB.

Процесор та його характеристики. Паралелізм на рівні команд та процесорів.

Пам'ять. Її різновиди та характеристики.

Особливості цифрово-логічного рівня побудови комп'ютерів.

Тракт даних та рівень мікроархітектури.

Рівень архітектури набору команд та його особливості.

Сумісність типів в C++. Символьні керівні послідовності. Перетворення типів даних у виразах. Процес цілочисельного розширення (integer promotion). Процес розширення типу (type promotion).

Відмінності між арифметичними та ітераційними циклами. Цикли з перед- та післяумовою. Циклічна настанова for. Оператори інкременту (++) та декременту (--). Ітераційна настанова while. Ітераційна настанова do-while. Використання настанови дострокового виходу з поточної ітерації циклу continue. Використання настанови виходу з циклу break. Організація вкладених циклів. Настанова безумовного переходу goto.

Оголошення змінних-вказівників. Оператор взяття адреси (&). Оператор розіменування (\*). Демонстрація використання вказівників у поєднанні з операторами. Операції непрямого доступу. Арифметичні операції над вказівниками. Порівняння вказівників. Вказівники і масиви. Багаторівнева непряма адресація. Виклик функції із вказівниками.

Структура та принцип дії AVR-мікроконтролера. Arduino, історія розвитку, ядро команди Arduino. Переваги Arduino. Плати Arduino (контролери, шілди і аксесуари). Характеристики Arduino Uno, його розпіновка.

Середовище розробки Arduino, Arduino IDE. Мова програмування Arduino, схожість із мовами програмування C та C++. Завантаження скетчу. Складові мови Arduino (оператори, дані, функції, бібліотеки). Оголошення змінної. Цикли. Конструкція розгалуження. Цифрове введення/виведення.

### **«Теорія імовірностей, мат. статистика»**

Елементи комбінаторики. Випадкові події та дії над ними. Класичне, геометричне та статистичне означення ймовірності. Теореми додавання та множення ймовірностей. Формула повної ймовірності. Формула Байєса. Послідовність незалежних випробувань. Формула Бернуллі. Локальна та інтегральна формули Муавра-Лапласа, формула Пуассона. Випадкові величини. Числові характеристики випадкових величин. Випадкові вектори. Числові характеристики випадкових векторів. Закони розподілу випадкових величин. Закон великих чисел. Граничні теореми. Генеральна і вибіркова сукупності. Статистичні ряди розподілу вибірки. Полігон та гістограма частот. Емпірична функція розподілу. Числові характеристики статистичного розподілу вибірки.

### **«Аналогова і цифрова схемотехніка»;**

Пасивні компоненти. Резистори. Конденсатори. Котушки індуктивності. Трансформатори. Подільники напруги. Регулятори напруги. Гасники напруги.

Діодні схеми. Випрямлячі. Схема випрямляча. Структура та принцип дії напівпровідникових діодів. Вимоги до параметрів діода. Двопівперіодний випрямляч.

Амплітудні обмежувачі. Параметричні стабілізатори напруги. Індуктивне навантаження та діодний захист контактів.

Електронні підсилювачі. Структура та принцип дії біполярного транзистора. Підсилювачі на біполярних транзисторах. Параметри біполярних транзисторів. Еквівалентні схеми біполярних транзисторів. Режими роботи біполярного транзистора.

Підсилювачі на польових транзисторах. Типи та схеми включення польових транзисторів. Польові транзистори з керуючим  $p$ - $n$ -переходом. Польові транзистори з ізольованим затвором. Схеми підсилювачів на польових транзисторах. Частотні властивості підсилювачів на ПТ. Режими роботи підсилювачів.

Класифікація цифрових пристроїв. Цифрові сигнали. Основні поняття алгебри логіки. Форми зображення логічних функцій. Реалізація логічних функцій булевого базису. Функція логічного заперечення НЕ. Функція логічного множення. Функція логічного додавання. Комбіновані логічні функції.

Лічильники імпульсів. Параметри лічильника. Класифікація лічильників. Послідовні лічильники. Швидкодія лічильників. Паралельні лічильники. Паралельно-послідовні лічильники. Реверсивні лічильники. Лічильники з довільним модулем лічби. Збільшення розрядності лічильників. Подільники частоти.

Цифро-аналогові та аналогово-цифрові перетворювачі. Загальні відомості. Цифро-аналогові перетворювачі. Параметри ЦАП. Схеми ЦАП.

Фотоелектричні прилади: фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, фототиристри. Випромінювальні прилади: світлодіоди, лазери. Оптрони. Індикаторні прилади: газорозрядні індикатори, люмінесцентні індикатори, напівпровідникові індикатори, рідинно-кристалльні індикатори.

## **«Метрологія»**

Метрологія – наука про вимірювання. Правові основи метрології. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

Фізичні величини та вимірювання. Види вимірювань. Методи вимірювання фізичних величин.

Похибки вимірювання. Опрацювання результатів прямих одноразових та багаторазових вимірювань. Опрацювання результатів непрямих вимірювань. Правила округлення результатів.

Забезпечення єдності та потрібної точності вимірювань. Метрологічна служба та її діяльність. Міжнародні метрологічні організації. Еталони та фізичний зміст одиниць фізичних величин.

Загальні відомості про засоби вимірювальної техніки. Класифікація засобів вимірювальної техніки. Характеристики засобів вимірювальної техніки.

## **«Цифрові сигнали»**

Сигнали. Їх класифікація, параметри та характеристики.

Цифрова обробка сигналів (ЦОС) та області її застосування. Ключові операції ЦОС.

Перетворення Фур'є. Пряме та зворотне дискретні перетворення Фур'є та їх властивості.

Сигнали і системи дискретного часу. Z-перетворення та його властивості.

Кореляція та згортка в неперервному та дискретному часі.

Цифрова фільтрація. Класифікація цифрових фільтрів та їх проектування.

Модуляція сигналів. Види цифрової модуляції.

Принципи та засоби цифрового кодування.

## **«Мікропроцесорна техніка»**

Системи числення. Представлення інформації в мікроконтролерах і мікропроцесорах. (Позиційні і непозиційні системи числення; двійкова, вісімкова, шістнадцяткова, десяткова системи числення; двійкова арифметика; представлення цілих чисел, чисел з фіксованою крапкою, чисел з плаваючою крапкою. Перетворення з десяткової системи в інші цілих чисел, правильних дробів, неправильних дробів; перетворення з двійкової, вісімкової, шістнадцяткової систем в десяткову систему; системи числення з кратними основами).

Запам'ятовуючі пристрої (ЗП) в мікропроцесорних системах (Основні параметри ЗП; вхідні сигнали ЗП та часові діаграми роботи ЗП; класифікація ЗП; перспективні ЗП).

Оперативні запам'ятовуючі пристрої (ОЗП) (Класифікація ОЗП; класифікація статичних ОЗП; класифікація динамічних ОЗП; будова комірок статичної і динамічної пам'яті).

Постійні запам'ятовуючі пристрої (ПЗП) (Масочні ПЗП; елементи енергонезалежної пам'яті; EPROM та OTP пам'ять; EEPROM пам'ять; Flash пам'ять).

Архітектура мікропроцесорів і мікроконтролерів (основні поняття та визначення мікропроцесорів, мікроконтролерів; поняття архітектури мікропроцесора; фон-Нейманівська і Гарвардська архітектури мікропроцесорів; архітектура системи команд CISC, RISC, VLIW; організація шин в мікропроцесорах і мікроконтролерах).

Програмована система на кристалі – мікроконтролер PSoC 6. Архітектура мікроконтролера PSoC 6 (Основні характеристики мікроконтролера; процесорні ядра; ОЗП і ПЗП; контролер векторних переривань; порти вводу/виводу (GPIO); аналогова підсистема; технологія ємнісних сенсорів CapSense; системні ресурси).

Архітектура процесорних ядер ARM Cortex M0+, Cortex M4 (Структурна схема процесорних ядер; операційний блок ЦП; периферійні пристрої, вбудовані в ЦП).

Система переривань мікроконтролерів PSoC 6 (Основні характеристики системи переривань; структура переривань в мікропроцесорній системі; контролер вкладених векторних переривань NVIC; переривання і системні винятки).

Аналогові блоки мікроконтролера PSoC 6 (блок опорних напруг; компаратори; блок неперервного часу; 12-ти розрядний ЦАП CTDAC; 12-ти розрядний АЦП послідовного наближення SAR ADC).

Технологія CapSense в мікроконтролерах PSoC 6 (основи ємнісної сенсорної технології; методи реалізації технології CapSense.).

### **«Фізична електроніка»**

Рівняння руху та енергія зарядженої частинки в електромагнітному полі.

Поняття про електронну оптику. Корпускулярно-хвильові аналогії. Електронно-оптичний показник заломлення.

Електронні призми. Відхилення електронних пучків однорідними електричним та магнітним полями.

Електричні електронні лінзи.

Магнітні електронні лінзи.

Механізми виникнення носіїв струму в газі. Елементарні процеси при співударанні частинок. Пружні і непружні зіткнення.

Практичне використання газорозрядної плазми. Плазма як джерело світла. Іонно-плазмова обробка поверхонь. Магнітно-гідродинамічні генератори. Плазма і проблеми керованого термоядерного синтезу.

Робота виходу електрона з твердого тіла. Види електронної емісії.

Закономірності термоелектронної емісії. Розподіл термоелектронів за швидкостями. Вплив зовнішнього електричного поля на термоелектронну емісію.

Автоелектронна емісія. Практичне використання тунельної емісії. Скануючий тунельний мікроскоп.

Ефективні термододи. Оксидно-бар'єрний катод. Особливості технології виготовлення оксидних катодів.

Закономірності вторинної електронної емісії. Використання вторинної емісії.

Закономірності зовнішнього фотоефекту металів. Енергетичний розподіл фотоелектронів. Елементарна теорія фотоефекту металів (теорія Фаулера). Ефективні фотокатооди.

### **«Мережі та протоколи»**

Принципи фізичного передавання даних по лініях зв'язку. Характеристики фізичних каналів. Загальні принципи побудови комп'ютерних мереж. Комутація,

маршрутизація, комутація інтерфейсів. Мультиплексування та демультимплексування. Типи мережових топологій. Порівняльна характеристика.

Основи стандартизації та класифікація мереж. Модель OSI. Стек протоколів TCP/IP.

Еталонна модель та стандартні протоколи.

Протоколи мережевого рівня. Формат заголовку IPv4. IP адреса. IP адресація. Класифікація IP адрес. MAC адреси. Класифікація MAC адрес.

IP маршрутизація. Таблиці маршрутизації. Варіанти реалізації. Принципи прокладання маршрутів. Протоколи Ethernet. Принцип реалізації CSMA/CD. Домен колізій. Огляд фрейму Ethernet.

Принцип роботи комутатора. Режими обробки фрейму. Передумови та принципи побудови підмереж. Класифікація VLAN інтерфейсів та їх властивості. Організація взаємодії між підмережами. Використання фізичних інтерфейсів та суб-інтерфейсів маршрутизатора. Організація взаємодії між підмережами. Використання логічних інтерфейсів.

Методи аналізу мережевого трафіку. Утиліти tcpdump та Wireshark. Режими фільтрації трафіку Wireshark. Принципи фільтрації трафіку. Огляд ACL. Варіанти реалізації. Основні поняття та механізм роботи ACL.

Огляд WLAN. Стандарти і покоління Wi-Fi. Основні поняття WLAN. Перспективи розвитку WLAN. Основи WLAN. Огляд робочого процесу WLAN.

Підвищення надійності мереж Ethernet. Передумови використання технології STP.

Варіанти реалізації. Основні поняття та механізми роботи STP. Недоліки технології STP. Реалізація RSTP. Розвиток RSTP: VBST, MSTP.

## **«Твердотільна електроніка»**

Контактні явища в кристалічних твердих тілах. Симетричний і несиметричний p-n – перехід. Діоди Шотткі: їх ВАХ, конструктивні особливості та практичне використання. Фотодіоди з бар'єром Шотткі.

Стабілітрони та випростувачі струму на базі p-n –переходів. Тунельний і лавинний механізм пробою у стабілітронах. Варіапи: їх будова, принцип роботи і практичне використання. ВФХ варіапів у широкому діапазоні напруг.

Тунельні діоди, їх ВАХ, особливості зонної моделі ділянок ВАХ, принципи роботи генераторів високочастотних коливань.

Діоди Ганна: природа ефекту Ганна, особливості конструкції та використання структур з N - подібною ВАХ.

Тонкоплівкові технології у формуванні тиристорних структур, їх будова, принципи роботи та використання.

Ефект Ірлі та електрофізичні засади роботи біполярних транзисторів, схеми підключення та функціонування. Динамічні та статичні характеристики.

Польові транзистори з керуючим р-п –переходом, їх структура, принцип роботи, характеристики та практичне використання. Польові транзистори із затвором Шотткі.

### **«Теорія електричних та електронних кіл»**

Аналіз електричних кіл при постійних впливах. Теорія кіл постійного струму. Режими і закони. Розрахунок розгалужених кіл.

Аналіз електричних кіл при гармонічних впливах. Змінний синусоїдний струм. Моделі та аналіз. Аналіз простих кіл змінного струму.

Частотні характеристики електричних кіл. Резонанс. Послідовний коливний контур. Паралельний коливний контур. Зв'язані коливні контури. Типи електричних фільтрів.

Часові методи аналізу електричних кіл. Класичний метод аналізу перехідних процесів в електричних колах. Закони комутації.

Підсилювачі, їх характеристики та використання. Основні параметри підсилювачів. Інвертувальні та неінвертувальні підсилювачі. Зворотній зв'язок в підсилювачах.

### **«САПР електронних систем»**

Історія, предмет і застосування комп'ютерної графіки. Галузі застосування комп'ютерної графіки: проектування, моделювання, інтерактивна комп'ютерна графіка, динамічна тощо. Визначення та суть інженерного проектування.

Єдина система конструкторської документації. Види та комплектність конструкторських документів. Стадії розробки. Технічне завдання. Ескізний проект. Технічний проект.

Загальні відомості про системи автоматизованого проектування. Проектування і автоматизація. Визначення і суть автоматизованого проектування та систем автоматизованого проектування. Мета і завдання САПР.

Класифікація САПР. Принципи побудови і функціонування САПР. Структура і склад САПР. Комплекс засобів автоматизованого проектування.

Класифікація ECAD. Створення технічних зображень в галузі електроніки. Схеми електричні. Види і типи схем. Схема електрична принципова. Основні вимоги до проектування електричних схем. Методи проектування електричних схем.

Загальні відомості про бібліотеки систем автоматизованого проектування. Використання прикладних бібліотек при моделюванні електронних систем.

Основні вимоги до проектування друкованих плат. Особливості трасування провідників друкованих плат. Одношарові та багатошарові друковані плати. Методи автоматичного трасування провідників друкованих плат.

### **«Біомедична інженерія та штучний інтелект»**

Перше начало термодинаміки в хімії і біології. Закон Гесса. Друге начало термодинаміки для відкритих систем.

Ковалентні, іонні та іонно-дипольні взаємодії в макромолекулах. Ван-дер-Ваальсові, водневі та гідрофобні взаємодії в молекулах. Структура води. Взаємодія розчинних речовин з водою. Гідрофобні взаємодії.

Структура біологічних мембран та їх властивості. Рух ліпідів і білків у біологічних мембранах. Фазові переходи у мембранах. Транспорт речовин через біологічні мембрани. Рівняння Нернста для біологічних мембран.

Будова людського ока. Оптична система ока людини. Природні недоліки зору людини. Патологічні недоліки зору людини. Молекулярний механізм зору.

Електричні і магнітні поля людини. Модель еквівалентного генератора серця. Експериментальні основи електрокардіографії. Теорія Ейнтховена.

Сенсорні системи. Рецепція. Біологічні та технічні давачі. Спектр чутливості рецепторних клітин.

Проблематика штучного інтелекту. Напрямки розвитку систем штучного інтелекту. Вплив штучного інтелекту на ідеологію програмування. Експертні системи як різновид систем штучного інтелекту. Класифікація експертних систем. Порівняння людської і штучної компетенції.

Фізичні моделі нейронних мереж. Аналогія з мозком. Біологічний нейрон. Штучний нейрон. Архітектура з'єднань штучних нейронів. Типові архітектури нейронних мереж.

Навчання штучної нейронної мережі. Контрольоване навчання. Неконтрольоване навчання. Оцінки навчання. Обґрунтованість застосування нейромереж. Порівняння традиційного комп'ютера з біологічною нейронною системою. Завдання, які вирішують за допомогою нейромоделювання.

Класифікація відомих нейромереж. Перцептрон Розенбалата. Алгоритм навчання одношарового перцептрона. Нейромережа зворотного поширення похибки (Back Propagation).

Алгоритм навчання мережі. Мережа Кохонена. Алгоритм функціонування мережі Кохонена. Мережа Хопфілда. Алгоритм функціонування мережі. Мережа Хемінга. Алгоритм функціонування мережі Хемінга.

### **«Принципи побудови аналітичних систем»;**

Що називають інформаційно-аналітичною системою?

Що називають OLAP (онлайн - аналітичною обробкою даних)?

Який тип даних за шкалами вимірювання, заданий числами, не можна порівнювати ні за величиною, ні кількісно?

У якому випадку (вказіть умову) дані підлягають нормальному розподілу?

Переваги у методі кластеризації DBSCAN порівняно з k-means: Графік кам'янистого насипу, що використовується у методах кластерного аналізу, представляє собою залежність.

Для чого служить експертна система?

### **«Теорія електромагнітного поля»**

Предмет теорії електромагнітного поля. Елементи математичного апарату теорії електромагнітного поля. Потік векторного поля. Теорема Остроградського-Гауса. Циркуляція векторного поля по замкнутому контуру. Теорема Стокса.

Рівняння Максвелла – основні рівняння електромагнітного поля. Електромагнітні властивості середовищ. Енергія електромагнітного поля. Електростатичне поле. Електростатична модель діелектрика. Стаціонарне електромагнітне поле.

Поширення електромагнітних хвиль. Телеграфні рівняння. Моделі електромагнітного поля. Загальні властивості гармонічного електромагнітного поля.

Метод комплексних амплітуд. Плоскі електромагнітні хвилі. Напрямувальні електромагнітні хвилі. Напрямувальні системи. Об'ємні резонатори.

### **«Тестування і характеристика систем»**

Види технічної документації для електронних пристроїв. Правила оформлення та читання схем?

Методи тестування та пошуку несправностей інтегрованих електронних схем?

Поняття дефект, помилка, несправність, керованість, спростережуваність та тестопридатність. Методи розрахунку та дослідження тестопридатності інтегрованих електронних схем?

Принципи та можливості методу периферійного сканування та схема його реалізації?

Суть процесу вбудованого самотестування та методи генерації тестових послідовностей?

Типи представлення мікропроцесорних систем, моделі несправностей мікропроцесорів та процес налагоджування таких систем?

Методи та послідовність тестування запам'ятовуючих пристроїв?

Можливості та принципи функціонального і параметричного тестування?

Завдання та суть процесів електро-, термо- та механо- відбраковувальних тестів?

### **«Напівпровідникова електроніка»**

Носії заряду у напівпровідниках. Власні та домішкові напівпровідники. Власна концентрація носіїв заряду у нелегованих напівпровідниках (номінально чистих).

Зонно-енергетична структура напівпровідників. Елементи зонної теорії. Зони Бриллюена – перша, друга та приведена.

Статистика електронів і дірок у n-провідниках. Хімічний потенціал та рівень Фермі (потенціал Гібса). Функція розподілу для виродженого і невиродженого електронного газу – носіїв заряду Фермі-Дірака та Максвелла-Больцмана по енергетичним станах у зонах та їх температурна залежність для власних і домішкових напівпровідників.

Кінетичні явища у напівпровідниках. Електропровідність власних та легованих n-провідників. Розсіяння носіїв на теплових коливаннях ґратки – фононах. Статистика фононів Бозе-Ейнштейна. Акустичні й оптичні фонони та дисперсійні вітки їх частот у зоні Бріллюена. Залежність рухливості носіїв від температури. Теплопровідність: механізми теплопереносу.

Оптичні властивості напівпровідників. Спектр поглинання світла. Власне (фундаментальне) поглинання при прямих (вертикальних) та непрямих переходах електронів. Екситонне поглинання. Поглинання домішками. Поглинання вільними носіями заряду. Залежність краю фундаментального поглинання від температури. Люмінесценція напівпровідників. Релаксація фотолюмінесценції напівпровідників та її температурне гасіння.

Генерація і рекомбінація нерівноважних носіїв заряду. Термодинамічно рівноважні і нерівноважні носії заряду. Біполярна та монополярна генерація носіїв заряду світлом. Максвелівський час релаксації. Види рекомбінації носіїв. Міжзонна випромінювальна та міжзонна ударна рекомбінація. Рекомбінація носіїв заряду через: центри захоплення та через локальні рівні і температурна залежність часу життя носіїв. Центри прилипання і центри рекомбінації.

Фотоелектричні явища у напівпровідниках. Внутрішній фотоефект та фотопровідність і її релаксація. Фотопровідність при наявності поверхневої рекомбінації і дифузії носіїв заряду. Домішкова фотопровідність. Ефект Дембера і його використання у напівпровідникових сенсорах газу резистивного типу.

### **«Автоматизація експерименту»**

Загальна структура та вимоги до побудови автоматизованої системи?

Завдання, структура та функції системи автоматизованого контролю?

Типи сенсорів та принципи їх використання в автоматизованих системах?

Принцип роботи та схеми реалізації системи автоматизованого управління?

Апаратні засоби і загальні підходи до обробки та перетворення інформації в автоматизованих системах?

Основні функції системи автоматичного регулювання?

Закони регулювання та їх застосування?

Типи виконавчих механізмів та їх використання?

Канали зв'язку та інтерфейси в автоматизованих системах?

Можливості, функції та завдання середовища програмування LabView?  
Програмні аспекти збору та обробки даних в автоматизованих системах?  
Статистичне опрацювання експериментальних даних.

### **«Моделювання процесів та систем»**

Загальні підходи до моделювання фізичних процесів. Методи чисельного інтегрування та диференціювання.

Чисельне моделювання напівпровідникових структур. Моделі процесів генерації-рекомбінації носіїв заряду. Особливості створення напівпровідникових структур. Моделі процесів іонної імплантації, дифузії, термічного окислення.

Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем. Проектування, виготовлення та застосування мікроелектромеханічних систем (МЕМС).

### **«Оптоелектроніка»;**

Оптоелектроніка як галузь науки і техніки, її переваги. Складові частини та елементна база ОЕ. Основні принципи роботи елементів ОЕ.

Інжекційна люмінесценція як основний механізм генерування випромінювання в світлодіодах. Конструкція світлодіодів, їх внутрішня та зовнішня квантові ефективності.

Особливості напівпровідникових лазерів як джерел світла для оптоелектроніки. Вимушене випромінювання. Вольт-амперна та ватт-амперна характеристики лазерних діодів.

Фотодіоди, їх режими роботи. Вольт-амперна характеристика фотодіода. Різновиди фотодіодів та їх порівняльний аналіз.

Прилади із зарядовим зв'язком. Трифазна та двофазна схеми керування ПЗЗ. Основні характеристики ПЗЗ.

Конструкція фотоприймачів на основі комплементарних МОН-транзисторів. Будова елементарної комірки і робота чорно-білої та кольорової фотоприймальних матриць КМОН.

Оптопари, їх різновиди за типом фотоприймача. Характеристики оптопар: коефіцієнт спектрального узгодження, коефіцієнт передачі за струмом, час перемикання. Оптопари з позитивним та негативним електрооптичним зв'язком.

Індикатори, їх різновиди. Фізіологічні особливості людського зору як споживача візуальної інформації: функція видимості, роздільна здатність, сприйняття яскравостей та кольорів, контраст.

Рідкокристалічні індикатори. Реалізація електрооптичних ефектів (ефект динамічного розсіювання, Твіст-ефект, ефект «гість-господар») для відображення інформації в рідкокристалічних індикаторах.

Оптоелектронні сенсори механічних величин (кута нахилу, кута повороту, тиску), особливості їхньої роботи та практичного застосування.

## **«Квантова електроніка»**

Вимушене (індуковане) випромінювання. Спонтанні випромінювальні квантові переходи. Ймовірність спонтанного переходу. Їх експериментальне визначення. Ймовірність індукованих переходів. Співвідношення між коефіцієнтами Айнштейна для спонтанних і стимульованих переходів квантової системи.

Активне середовище. Квантове підсилення електромагнітних хвиль та інверсна населеність квантових станів активного середовища. Густина інверсної заселеності. Порогова умова квантового підсилення світла. Від'ємна температура.

Резонатори. Типи коливань (моди) резонатора у вигляді замкнутої прямокутної порожнини. Оптичні резонатори. Моди в резонаторі Фабрі – Перо з плоскими дзеркалами. Добротність резонатора. Класифікація режимів роботи лазерів.

Твердотільні лазери. Засоби створення інверсної заселеності. Наведіть та поясніть типову конструкцію, схему робочих енергетичних рівнів, створення інверсійної заселеності, порогову умову інверсної заселеності системи рівнів та основні характеристики та режими роботи рубінового лазера.

Газові лазери на нейтральних атомах. Дайте загальну характеристику конструкції, накачування, активних елементів і речовин газових лазерів. Наведіть та поясніть типову конструкцію, схему робочих енергетичних рівнів і особливості створення інверсійної заселеності, основні характеристики та режими роботи гелій-неонового лазера.

Напівпровідникові лазери. Засоби створення інверсної заселеності. Пороговий струм накачування. Будова та принцип дії. Параметри та характеристики. Інжекційні напівпровідникові та лазери на гетероструктурах.

Молекулярні лазери. Засоби створення інверсної заселеності. Лазери на основі вуглекислого газу CO<sub>2</sub>. Будова та принцип дії. Параметри та характеристики. Недоліки і переваги, основні їх характеристики, сфери застосування.

## **«Фізичні основи роботи біомедичної апаратури».**

Фізичні та фізіологічні принципи електрокардіографічних досліджень.

Будова та принцип роботи електрокардіографа. Пристрої зняття електрокардіосигналу. Підсилювачі ЕКГ сигналу. Методи і прилади відображення ЕКГ.

Коливання тиску в серці та аорті у процесі серцевих скорочень. Біофізичні аспекти коливань артеріального тиску.

Класифікація приладів гемодинамічних досліджень. Основні методи гемодинамічних досліджень серцево-судинної системи. Загальна структурна схема приладів вимірювань параметрів артеріального тиску.

Рентгенівська установка і формування медичних зображень. Взаємодія квантів з рентгенівськими екранами. Конструкція рентгенівських трубок. Спектри рентгенівського випромінювання. Приймачі рентгенівського зображення.

Якість і методи покращення зображень в системах рентгенодіагностики. Цифрові рентгенографічні системи Рентгенівська трансмісійна комп'ютерна томографія.

Фізичні основи використання ультразвуку в медицині. Основні властивості ультразвукових хвиль. Способи генерації ультразвуку. Поглинання ультразвуку біологічними тканинами.

Електронний парамагнітний резонанс та його медико-біологічне застосування. Ядерний магнітний резонанс. ЯМР – інтроскопія.

### Список літератури

1. Б.І. Копитко, О.Я. Мильо, Ж.Я. Цаповська. Вища математика. Елементи лінійної алгебри і аналітичної геометрії. Тексти лекцій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 301 с.
2. О.Я. Мильо, Ж.Я. Цаповська. Методичні рекомендації, приклади та індивідуальні завдання до вивчення розділу вищої математики “Диференціальне числення функції однієї змінної” для студентів факультету електроніки. – Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 62 с.
3. Б. М. Тріщ. Основи вищої математики: Навч. пос. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 388 с.
4. І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик; за ред. Кучерука І. М. Загальний курс фізики. Том 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Техніка, 2006. – 536 с.
5. Р.М. Кушнір. Загальна фізика. Механіка. Молекулярна фізика. Навч. Посібн. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. – 404 с.
6. О.Ф. Волков, Т.П. Лумпієва. Курс фізики: У 2-х т. Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм: Навчальний посібник для студентів інженернотехнічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 224 с.
7. І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик; за ред. Кучерука І. М. Загальний курс фізики. Том 2: Електрика і магнетизм. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.
8. О.С. Кушнір. Експериментальна оптика. – Львів: В-во ЛНУ імені І. Франка, 2009. – 115с.

9. І.І. Половинко. Атомна і ядерна фізика. Навчально-методичний посібник. – Львів: В-во ЛНУ імені І. Франка, 2010. – 410с.
10. О. С. Водоріз, О. А. Любченко, Т. В. Тавріна. Оптика, атомна і ядерна фізика: навчальний посібник для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – 159 с.
11. А. М.Сергієнко. Архітектура комп'ютерів: Конспект лекцій. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 198 с.
12. В.Д. Тарарака. Архітектура комп'ютерних систем: навчальний посібник. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 383 с.
13. Ю. Грицюк, Т. Рак. Програмування мовою C++: навч. посіб. – Львів: вид-во ЛДУ БЖД, 2011. – 292 с.
14. В.В. Зубленко, Л.Л. Омельчук. Програмування. Поглиблений курс: навч. посіб. – К.: Київський університет, 2011. – 623 с.
15. Є.О. Іванов, Я.М. Ліндер, К.А. Жереб. Основи мови програмування C++: навчальний посібник. – К.: Логос, 2020. – 90 с.
16. І. М. Васильків. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 184 с.
17. Бобик О.І., Берегова Г.І., Копитко. Теорія ймовірностей і математична статистика. – К.: ВД „Професіонал”, 2007.– 440 с.
18. О.М. Воробйова, І.П. Панфілов, М.П. Савицька, Ю.В. Флейта. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2015. – 298 с.
19. Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков. Електроніка і мікросхемотехніка – Київ: Каравела, 2009. – 416 с.
20. Н.М. Защепкіна. Метрологія [Електронний ресурс] : навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 397 с.
21. А.Й.Наконечний, Р.А.Наконечний, В.А. Павлиш. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Львів: В-во Львівської політехніки, 2010. – 368 с.
22. Й.Й. Білинський, К.В. Огороднік, М.Й. Юкиш. Електронні системи: навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 208 с.
23. К. В. Огородник, Б. П. Книш. Мікропроцесорна техніка : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 106 с.

24. Ю.І. Якименко, Т.О. Терещенко, Є.І. Сокол, Ю.С. Жуйков, Ю.С. Петергеря; за ред.. Т.О. Терещенко. Мікропроцесорна техніка: Підручник – 2-ге вид. переробл. та допов. –К.: ІВЦ “Видавництво ”Політехніка”; “Кондор”, 2004. – 440 с.
25. К.С. Дрозденко. Фізичні основи електроніки: курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 153 с.
26. В.О. Москалюк, В.І. Тимофєєв, Т.А. Саурова. Фізика електронних процесів : підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с.
27. Основи мереж передачі даних. Huawei Technologies Co. 2020. – 972 с.
28. Michael Duck, Richard Read. Data communication and computer networks for computer scientist and engeneers. Second edition. – Harlow.: Pearson Education Limited, 2003. – 415p.
29. Perry Lea. IoT and Edge Computing for Architects. Second Edition. – UK. BIRMINGHAM: Packt Publishing, 2020. – 632p.
30. А.О. Дружинін Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: Навчальний посібник. – Львів: В-во НУ «Львівська політехніка», 2009. – 332 с.
31. І.М. Бондаренко, О.В. Бородін, О.Б. Галат, В.П. Карнаушенко. Твердотільна електроніка: навч. посібник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 236 с.
32. О. В. Борисов, Ю. І. Якименко. Твердотільна електроніка [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 484 с.
33. Ю.Я. Бобало, Б.А. Мандзій, П.Г. Стахів, Л.Д. Писаренко, Ю.І. Якименко; За ред. проф. Ю.І. Якименка. Основи теорії електронних кіл: Підручник – Київ: В-во НТУ “КПІ”, 2011. – 332 с.
34. В.С. Маляр. Теоретичні основи електротехніки. Електричні кола: навч. посібник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 312 с.
35. К.С. Барандич, О.О. Подолян, М.М. Гладський. Системи автоматизованого проєктування: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 97 с.
36. О.І. Соловей, О.С. Хмеленко Інженерна графіка: схеми електричні. – К.: Кондор, 2005. – 186 с.
37. А. С. Савченко, О. О. Синельніков. Методи та системи штучного інтелекту : навчальний посібник. – Київ : НАУ, 2017. – 176 с.

38. Е.Г. Азнакаєв. Біомедична інженерія (фундаментальні та прикладні аспекти): Навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 392с.
39. Е. Г. Азнакаєв. Біофізика : навчальний посібник – Київ : НАУ, 2005. – 308 с.
40. Е.І. Личковський, В.О. Тіманюк, О.В. Чалий та ін.; за ред. Е.І. Личковського, В.О. Тіманюка. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія: підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2014. – 464 с.
41. М. Ф.Терещенко, Г. С. Тимчик, І. О. Яковенко. Біофізика: підручник - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 444 с.
42. Л.С. Файнзільберг, О.А. Жуковська, В.С., Якимчук. Теорія прийняття рішень : підручник – Київ : Освіта України, 2018. – 246 с.
43. В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями: навч. посібник – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.
44. W. McKinney: Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython, 2nd ed. – O'reilly Media, Inc., 2017.
45. А. І. Рубан, І. В. Барсук, Г. С. Воробйов, О. О. Дрозденко. Теорія поля: стислий конспект лекцій і тестові завдання – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 17 с.
46. Л.Ю. Спінул. Основи теорії електромагнітного поля: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102 с.
47. С.В. Соколов, Л.Д. Писаренко, В.О. Журба; за заг. ред. Г.С. Воробйова. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ: навч. посіб. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 393 с
48. О. В. Борисов, Ю. І.Якименко. Твердотільна електроніка. Підручник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 484 с.
49. О.В. Третьак, В.З. Лозовський Основи фізики напівпровідників: підручник: у 2 т. Т. 2 – К: Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка, 2009. – 383 с.
50. О.В. Глухов, О.О. Кравчук, Є.В. Левченко, О.В. Грицунов, В.В. Ануфрієв. Фізика напівпровідників. Частина 1. Основи фізики напівпровідників: Навчальний посібник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – 110 с.
51. В. Савицький, Р. Федоришин. Технічні засоби автоматизації: навчальний посібник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 292 с.

52. В. І. Роменський, Н. П. Демська. Конспект лекцій з дисципліни "Технічні засоби автоматизації". Ч. 1. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 100 с.
53. І. М. Бондаренко, Л. І. Свідерська, О. В. Грицунов. Моделювання в електроніці : навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 163 с.
54. А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський. Математичне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс] : Навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с.
55. Ю. Корчак, Ю. Фургала, С. Рихлюк. Оптоелектронна інформатика. Том 1. Основні принципи та прилади: навчальний посібник – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 312 с.
56. В.О. Чадюк. Оптоелектроніка: від макро до нано. Генерація оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2 кн. – К.: НТУУ, 2012. – Кн. 1. – 376 с. – Кн. 2. – 436 с.
57. В.О. Чадюк. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2 кн. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 1. – 376 с
58. Ю.І. Колесник, А.В. Кіпенський. Елементи та пристрої квантової електроніки : навч. посіб. – Х. : НТУ «ХП», 2016. – 318 с.
59. О.О. Птащенко. Основи квантової електроніки: навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 2010.– 392 с.
60. О. С. Кривець, О. О. Шматько, О. В. Ющенко. Квантова електроніка : навч. посіб. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 340 с.
61. В.Є. Доброва, В.О. Тіманюк. – Біофізика та медична апаратура. – К.: ВД «Професіонал», 2006. – 200 с.
62. М. Ю. Буриченко, О. В. Булигіна, Ю. Ю. Оникієнко, М. В. Архирей. Оброблення біомедичних сигналів : навчальний посібник. – Київ : НАУ, 2017. – 208 с.
63. В. Д. Кузовик, В.Л. Кучеренко, О.В. Булигіна Експлуатація біомедичної апаратури: Підручник – К. : НАУ, 2014. – 310 с.