


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний авіаційний університет**  
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
Кафедра електроніки робототехніки і технологій  
моніторингу та інтернету речей

УЗГОДЖЕНО


В.о. декана ФАЕТ

«» С. Завгородній  
2020 р.



ТВЕРДЖУЮ

В.о. директора з навчальної роботи

«» А. Полухін  
2020 р.



Система менеджменту якості

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**

**«Основи математичного моделювання процесів  
в електронних пристроях»**

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»  
Спеціальність: 171 «Електроніка»  
Освітньо-професійні програми: «Електронні системи»

Форма навчання	Сем.	Усього (годин/кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПР. З.	ЛЗ	СРС	К.р	Форма сем. контролю
Денна:	4	240/8,0	48	32	32	128	-	екзамен 4с
Заочна	4,5	240/8,0	12	6	6	216	1 к.р-5с	екзамен 5с

Індекс: НБ-2-171-1/19-1.14  
НБ-2-171-13/19-1.14



Робочу програму навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях» розроблено на основі освітньої програми та робочих навчальних планів №НБ-2-171-1/19 та №НБ-2-171-1з/19 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 171 «Електроніка», освітньо-професійною програмою «Електронні системи» та відповідних нормативних документів.

професор кафедри електроніки,  
робототехніки і технологій моніторингу  
та інтернету речей \_\_\_\_\_

Е.Азнаєв

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 171 «Електроніка» (освітньо-професійні програми «Електронні системи») – кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей, протокол № 16 від «19» 10 2020 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_


В. Шутко

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету авіонавігації, електроніки та телекомунікацій, протокол № 3 від «26» 10 2020 р.

Голова НМРР \_\_\_\_\_


О. Голубничий

Рівень документа – 3б  
Плановий термін між ревізіями – 1 рік  
Контрольний примірник

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
	стор.3 з 13		

## ЗМІСТ

	сторінка
<b>Вступ</b> .....	4
<b>1. Пояснювальна записка</b> .....	4
1.1 Заплановані результати .....	4
1.2. Програма навчальної дисципліни .....	5
<b>2. Зміст навчальної дисципліни</b> .....	8
2.1. Структура навчальної дисципліни (тематичний план) .....	8
2.2. Завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН) .....	9
2.3. Підготовка до екзамену.. .....	10
<b>3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни</b> .....	10
3.1. Методи навчання .....	10
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) .....	10
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті .....	10
<b>4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь</b> .....	11

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
	стор.4 з 13		

## ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях» розробляється на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених розпорядженнями № 071/роз. від 10.07.2019 р., № 088/роз. від 16.10.2019 р. та відповідних нормативних документів.

### 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

#### 1.1. Заплановані результати.

**Місце** даної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця: дана навчальна дисципліна є теоретичною та практичною основою сукупності знань та умінь, що формують профіль фахівця з електроніки в області електронних систем, приладів та пристроїв.

**Метою** викладання дисципліни є розкриття сучасних наукових концепцій, понять, методів та технологій формування у студентів знань, які необхідні для розуміння принципів моделювання процесів в електронних пристроях, які використовуються в різноманітних системах.

**Завданнями** вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення основних підходів у математичному моделюванні процесів в електронних пристроях, оволодіння знаннями про принцип роботи елементів аналогових та цифрових пристроїв;
- оволодіння фізичними основами будови матеріалів електронної техніки та функціонування електронних пристроїв на їх основі, що використовуються в електронних приладах та системах;
- дослідження електронних процесів які відбуваються в електронних пристроях;
- оволодіння методами моделювання електронних процесів у напівпровідникових приладах електроніки;
- дослідження параметрів та характеристик електронних приладів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути такі фахові **компетентності**:

1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.


2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.

3. Здатність інтегрувати знання фундаментальних розділів фізики та хімії для розуміння процесів твердотільної, функціональної та енергетичної електроніки, електротехніки.

4. Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на ефективність та результати інженерної діяльності в галузі електроніки.

5. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові й технічні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, навички роботи з комп'ютерними мережами, базами даних та Інтернетресурсами для вирішення інженерних задач в галузі електроніки.

6. Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів,

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
	стор.5 з 13		

засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.

7. Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструкцій пристроїв та систем електроніки.

8. Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем.

9. Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв для проектування мікропроцесорних та електронних систем.

10. Здатність застосовувати на практиці галузеві стандарти та стандарти якості функціонування пристроїв та систем електроніки.

11. Здатність контролювати і діагностувати стан обладнання, застосовувати сучасні електронні компоненти та технічні засоби, виконувати профілактику, ремонт та технічне обслуговування електронних пристроїв та систем, монтувати, налагоджувати та ремонтувати аналогові, цифрові та оптичні модулі, розробляти та виготовляти друковані плати, розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів.

#### **Міждисциплінарні зв'язки.**

Навчальна дисципліна «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»

базується на таких дисциплінах, як: «Вища математика», «Фізика», «Основи теорії електромагнітних хвиль», «Теорія електричних кіл», «Основи цифрових систем», «Основи аналогової електроніки»;

є базою таких дисциплін як: «Мікрохвильова техніка», «Антенні пристрої», «Цифрова вимірювальна техніка», «Електронні системи», «Основи конструювання електронних пристроїв» та інших.

#### **1.2. Програма навчальної дисципліни.**

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з трьох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля №1 «Фізичні основи електроніки. Моделі електронних процесів»;

- навчального модуля №2 «Моделі теорії твердого тіла»;

- навчального модуля № 3 «Моделювання електронних процесів у речовині»,

кожен з яких є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.


#### **Модуль №1. Фізичні основи електроніки. Моделі електронних процесів.**

##### **Тема1. Основні поняття квантової механіки.**

Основні поняття класичної та квантової фізики. Закони класичної динаміки частинок. Закони квантової динаміки частинок. Хвильова функція. Принцип невизначеності. Принцип суперпозиції. Матриця щільності.

##### **Тема 2. Закони збереження у квантовій механіці.**

Закони збереження в квантовій фізиці. Гамільтоніан. Диференціювання операторів за часом. Стаціонарні стани. Матриці фізичних величин. Власні функції та власні значення операторів фізичних величин. Імпульс. Момент імпульсу. Співвідношення невизначеності.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
		стор.6 з 13	

### **Тема 3. Рівняння Шредингера. Проходження частинки крізь потенційний бар'єр.**

Рівняння Шредингера. Щільність потоку. Загальні властивості розв'язків рівняння Шредингера. Потенційна яма. Коефіцієнт проходження частинки крізь потенційний бар'єр.

### **Тема 4. Терія лінійного осцилятора. Рух частинки в центрально-симетричному та кулонівському полях.**

Лінійний осцилятор. Правило квантування Бора-Зоммерфельда. Рух частинки у центрально-симетричному полі. Сферичні хвилі. Рух частинки у кулонівському полі.

### **Тема 5. Теорія збурень.**

Теорія збурення. Збурення залежні та незалежні від часу. Секулярне рівняння. Переходи у неперервному спектрі. Співвідношення невизначеності для енергії.

### **Тема 6. Спін. Рух частинки в магнітному полі.**

Спін. Оператор спіна. Поляризація електронів. Частинка в магнітному полі. Рух частинки у зовнішньому однорідному магнітному полі.

### **Тема 7. Кінетичне рівняння. Статистика Фермі-Дірака та статистика Бозе.**

Статистичний опис ансамблю заряджених частинок. Тотожність частинок. Принцип нерозрізнення однакових частинок. Статистика Бозе. Статистика Фермі. Кінетичне рівняння. Рівноважна та нерівноважна функції розподілу частинок. Інтеграл зіткнень. Наближення часу релаксації. Релаксаційні рівняння. Метод Монте-Карло.

### **Тема 8. Релаксаційні рівняння. Розсіювання електронів.**

Розсіювання носіїв заряду. Домішкове розсіювання. Фононне розсіювання. Спектр фононів. Акустичне розсіювання. Оптичне розсіювання. Міждолинне розсіювання. Середні часи релаксації. Часи релаксації імпульсу, енергії, пружність розсіювання. Рухливість електронів.

### **Модуль №2. «Моделі теорії твердого тіла».**

#### **Тема 1. Зонна теорія твердого тіла. Рівняння Шредингера для кристала.**

Основи зонної структури. Рівняння Шредингера для кристала. Адіабатичне наближення. Одноелектронне наближення. Функція Блоха та теорема Блоха. Властивості хвильового вектора. Зони Брилюена.

#### **Тема 2. Наближення сильно та слабо зв'язаних електронів. Метод Хартрі-Фока.**

Наближення сильно зв'язаних електронів. Наближення слабо зв'язаних електронів. Число енергетичних станів електронів в енергетичній зоні. Залежність енергії електрона від хвильового вектора.

#### **Тема 3. Рух електронів в кристалі у зовнішніх полях. Модель Кроніга-Пені.**


Рух електронів у кристалі під дією зовнішнього електричного поля. Ефективна маса електрона. Енергетичний спектр електронів у кристалі. Модель Кроніга-Пені.

#### **Тема 4. Динаміка кристалічної ґратки.**

Гармонічне наближення. Коливання атомів в одномірному ланцюжку. Спектр коливань. Коливання двоатомного ланцюжка. Коливання атомів у ланцюжку, що містить дефект. Властивості кристалів, пов'язані з коливаннями кристалічної ґратки. Теплопровідність твердих тіл.

#### **Тема 5. Дефекти в кристалах.**

Дефекти кристалічної ґратки. Динамічні порушення періодичної будови кристала. Статичні порушення кристалічної ґратки. Вакансії та міжвузлові атоми. Концентрація рівноважних дефектів. Нерівноважна концентрація дефектів. Лінійні дефекти кристалічної структури. Крайові та гвинтові дислокації. Енергія дислокації.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
		стор.7 з 13	

### **Тема 6. Електропровідність металів.**

Модель вільного електронного газу Друде. Модель вільного електронного газу Фермі. Рівняння Шредингера. Енергія Фермі. Функція розподілу Фермі-Дірака. Розрахунок електропровідності та електронної теплоємності металів.

### **Тема 7. Електричні властивості діелектриків.**

Поляризація діелектриків. Види поляризації діелектриків. Електропровідність діелектриків. Діелектричні втрати. Піроелектричний ефект. Частотна залежність діелектричної проникності. Електричні властивості сегнетоелектриків. Пьезоелектричний ефект та електрострикція.

### **Тема 8. Магнітні явища. Надпровідність.**

Класифікація магнітних речовин. Природа діамагнетизму та парамагнетизму. Феромагнетизм, антиферомагнетизм, феримагнетизм. Теорія молекулярного поля. Доменна структура феромагнетиків. Спінові хвилі. Процеси перемагнічування. Температура надпровідного переходу. Квантування магнітного потоку. Магнітні властивості надпровідників. Термодинаміка надпровідного стану. Куперівські пари. Ефекти Джозефсона. Високотемпературна надпровідність.

### **Модуль. №3. «Моделювання електронних процесів у речовині».**

#### **Тема 1. Напівпровідникові матеріали та процеси в них.**

Енергетична структура твердих тіл. Енергетичні зони. Відмінності між металами, напівпровідниками та діелектриками з погляду зонної теорії. Напівпровідникові матеріали. Електронна емісія. Структура напівпровідників і типи провідності. Власна провідність напівпровідників. Домішкова провідність напівпровідників.

#### **Тема 2. Напівпровідникові контактні переходи.**

Електронно-дірковий перехід у напівпровідниках. Контактний перехід метал – напівпровідник. Розподіл носіїв заряду в зонах напівпровідника. Рівень Фермі. Концентрація носіїв заряду в напівпровідниках у рівноважному стані. Положення рівня Фермі в забороненій зоні. напівпровідника. Концентрація носіїв заряду в напівпровідниках у нерівноважному стані. Питома електропровідність і питомий опір. Електричні струми у напівпровідниках. Рух носіїв заряду в сильних електричних полях. Вольт-амперна характеристика  $p-n$  переходу.

#### **Тема 3. Напівпровідникові пристрої.**

Електронні процеси у напівпровідникових пристроях. Напівпровідникові резистори. Напівпровідникові діоди. Випрямлячі. Транзистори. Тиристоры. Стабілізатори електричної напруги. Напівпровідникові стабілітрони та стабістори. Варикапи.

#### **Тема 4. Напівпровідникові діоди.**


Електронні процеси у напівпровідникових діодах. Фізичні параметри та модель  $p-n$  переходу. Тунельні діоди, діоди Шоттки, діоди Ганна, фотоелектричні та світловипромінюючі діоди, лавинно-пролітні діоди. Структура та властивості діода Шоттки. Основні параметри діодів Ганна.

#### **Тема 5. Транзистори.**

Електронні процеси у напівпровідникових транзисторах. Біполярні та польові транзистори, одноперехідні транзистори, електронні підсилювачі. Параметри транзисторів. Частотні властивості транзисторів. Електричний пробій в транзисторах.

#### **Тема 6. Динаміка електронних станів.**

Статистика електронів та дірок у напівпровідниках. Статистика Фермі-Дірака для електронного газу. Кінетичне рівняння Больцмана. Кінетичні процеси у

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
		стор.8 з 13	

напівпровідниках. Усереднення кінетичного рівняння. Наближення часу релаксації. Моделі електропровідності металів та напівпровідників.

### Тема 7. Поглинання світла у напівпровідниках.

Оптичні явища у напівпровідниках. Поглинання світла у речовині. Поведінка збуджених електронів. Фотопровідність напівпровідників. Властивості фотоефектів. Процеси поглинання в напівпровідниках і прилади на їх основі. Фотоелементи. Процеси випромінювання напівпровідників.

### Тема 8. Процеси у напівпровідникових низькорозмірних структурах.


Квантово-розмірні ефекти. Хвилеві властивості та енергетичний спектр електронів. Напівпровідникові гетероструктури. Двовимірна (2D), одновимірна (1D) та нульвимірна (0D) наноструктури. Властивості напівпровідникових низькорозмірних структур. Одноелектронне тунелювання і кулонівська блокада. Резонансне тунелювання. Балістичний транспорт заряду. Квантовий ефект Холла. Прилади на нанорозмірних і квантових ефектах.

## 2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Структура навчальної дисципліни.

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)										
		Денна форма навчання					Заочна форма навчання					
		Усього	Лекції	Практ. заняття	Лабор. заняття	СРС	Усього	Лекції	Практ. заняття	Лабор. заняття	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Модуль №1. «Фізичні основи електроніки. Моделі електронних процесів»</b>												
1.1	Основні поняття квантової механіки.	4 семестр					4 семестр					
		8	2	2	-	4	7	2	-	-	5	
1.2	Законі збереження у квантовій механіці.	8	2	2	-	4	7	-	-	-	7	
1.3	Рівняння Шредингера. Проходження частинки крізь потенційний бар'єр.	8	2	2	-	4	7	2	-	-	5	
1.4	Теорія лінійного осцилятора. Рух частинки в центрально-симетричному та кулонівському полях.	16	2	2	2	2	8	7	-	2	-	5
1.5	Теорія збурень.	4	2	-	-	2	7	-	-	-	7	
1.6	Спін. Рух частинки в магнітному полі.	8	2	2	-	4	7	-	-	-	7	
1.7	Кінетичне рівняння. Статистика Фермі-Дірака та статистика Бозе.	4	2	-	-	2	9	2	-	-	7	
1.8	Релаксаційні рівняння. Розсіювання електронів.	12	2	-	2	2	6	9	-	-	2	7
1.9	Модульна контрольна робота №1	10	-	2	-	8	-	-	-	-	-	
<b>Усього за модулем №1</b>		<b>78</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>42</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	
<b>Модуль №2. «Моделі теорії твердого тіла»</b>												
2.1	Зонна теорія твердого тіла. Рівняння Шредингера для кристала.	4 семестр					5 семестр					
		8	2	2	-	4	12	2	-	-	10	
2.2	Наближення сильно та слабо	4	2	-	-	2	10	-	-	-	10	



	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
		стор.9 з 13	


	зв'язаних електронів. Метод Хартрі-Фока.										
2.3	Рух електронів в кристалі у зовнішніх полях. Модель Кроніга-Пені.	4	2	-	-	2	12	2	-	-	10
2.4	Динаміка кристалічної ґратки.	16	2	2	2	8	12	-	-	2	10
2.5	Дефекти в кристалах.	4	2	-	-	2	10	-	-	-	10
2.6	Електропровідність металів.	16	2	2	2	8	10	-	2	-	8
2.7	Електричні властивості діелектриків.	16	2	2	2	8	10	-	-	-	10
2.8	Магнітні явища. Надпровідність.	4	2	-	-	2	10	-	-	-	10
2.9	Модульна контрольна робота №2	10	-	2	-	8	-	-	-	-	-
<b>Усього за модулем №2</b>		<b>82</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>44</b>	<b>86</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>78</b>
<b>Модуль № 3.«Моделювання електронних процесів у речовині»</b>											
2.1	Напівпровідникові матеріали та процеси в них.	4 семестр					5 семестр				
		12	2	-	2	6	12	-	-	2	10
2.2	Напівпровідникові контактні переходи.	8	2	2	-	4	10	-	-	-	10
2.3	Напівпровідникові пристрої.	12	2	-	2	6	12	-	2	-	10
2.4	Напівпровідникові діоди.	4	2	-	-	2	10	-	-	-	10
2.5	Транзистори.	16	2	2	2	8	12	2	-	-	10
2.6	Динаміка електронних станів.	8	2	2	-	4	10	-	-	-	10
2.7	Поглинання світла у напівпровідниках.	8	2	2	-	4	10	-	-	-	10
2.8	Процеси у напівпровідникових низькорозмірних структурах.	4	2	-	-	2	10	-	-	-	10
2.9	Контрольна (домашня) робота.	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
2.10	Модульна контрольна робота №3	8	-	2	-	6	-	-	-	-	-
<b>Усього за модулем №3</b>		<b>80</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>42</b>	<b>94</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>88</b>
<b>Усього за навчальною дисципліною</b>		<b>240</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>128</b>	<b>240</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>216</b>

## 2.2. Завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН)

Контрольна (домашня) робота з дисципліни виконується у п'ятому семестрі, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь студента при вивченні дисципліни.

Теми рефератів та завдання для виконання практичної частини контрольної (домашньої) роботи здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій, розроблених провідними викладачами кафедри.

Час, потрібний для виконання контрольної роботи складає 8 годин самостійної роботи.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
	стор.10 з 13		

### 2.3. Перелік питань для підготовки до екзамену.

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену, розробляються провідними викладачами, затверджуються завідувачем кафедри та доводяться до відома студентів.

## 3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

### 3.1. Методи навчання

Для успішного засвоєння матеріалу лекційні та практичні заняття рекомендується проводити з використанням мультимедійного обладнання. Лабораторні заняття необхідно проводити малими групами для більш повного сприйняття і засвоєння практичного матеріалу.

### 3.2. Рекомендована література.

#### Базова література


- 3.2.1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М: Наука, 1972. – 368 с.
- 3.2.2. Москатов Е. А. Электронная техника. – К: Таганрог, 2004. – 121 с.
- 3.2.3. Москалюк В. О. Фізика електронних процесів. Динамічні процеси. – К.: Політехніка, 2004.– 179 с.
- 3.2.4. Царенко О.М. Основи фізики напівпровідників і напівпровідникових приладів: навчальний посібник . – Кіровоград: Вид-во РВВ КДПУ, 2011. – 243 с.
- 3.2.5. Болеста І. Фізика твердого тіла.– Львів:Вид-во Львів. нац. ун-т., 2003.– 479 с.
- 3.2.6. Давыдов А.С. Теория твердого тела. – М: Наука, 1979. – 646 с.
- 3.2.7. Холомина Т.А. Электронные процессы в твердом теле. – Рязань: Изд-во Рязан. гос. радиотехн. ун-т., 2019. – 110 с.
- 3.2.8. Малахов В.П. Схемотехника аналогових устройств: Учебник. – Одесса : Астропринт, 2000. – 212 с.
- 3.2.9. Математическое моделирование систем и процессов. / Н. В. Голубева. - Москва: Лань, 2016. - 191 с.:
- 3.2.10. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для студентов и аспирантов / В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбникова. – К.: НАН Украины, 2008. – 91 с.
- 3.2.11. Ryanich V. Ye., Aznakayev E. G., Bidnyi M. S. Electric and Electronic Circuit Theory. Electric Circuits. – K: NAU Publ., 2017. – 242 с.
- 3.2.12. Fiore J.M. Semiconductor Devices: Theory and Application.–Mohawk Valley Community College, N.Y., 2019. - 407 p.
- 3.2.13. Boylestad R., Nashelsky L. Electronic Devices and Circuit Theory. 11-th ed., Pearson Publ., New Jersey, 2013. - 906 p.

#### Допоміжна література

- 3.2.14. Федосеева Е.О., Федосеева Г.П. «Основы электроники и микроэлектроники»: Учебник. – М.: Искусство, 1990. – 240 с
- 3.2.15. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. – М.: Высшая школа 1987. – 433 с.
- 3.2.16. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. – М.: Энергия, 1987. – 672 с.
- 3.2.17. Тугов Н.М., Грабов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
- 3.2.18. Справочник по расчету электронных схем. Б.С. Гершунский. – Киев: Вища школа. Изд-во при Киев. ун-те, 1983. – 240с.

### 3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

- 3.3.1 Методичні розробки кафедри (в електронному вигляді). Сайт <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/solidstate.htm>

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
		стор.11 з 13	

#### 4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ.

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1


Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
	<b>Модуль № 1. «Фізичні основи електроніки. Моделі електронних процесів»</b>	
Виконання та захист лабораторних робіт	$36 \times 2 = 6$	$86 \times 1 = 8$
Виконання завдань на практичних заняттях	36 (сумарна)	$86 \times 1 = 8$
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	6 балів	-
Виконання модульної контрольної роботи №1	10	-
<b>Усього за модулем №1</b>	<b>19</b>	<b>16</b>
	<b>Модуль № 2. «Моделі теорії твердого тіла»</b>	
Виконання та захист лабораторних робіт	$36 \times 3 = 9$	$86 \times 1 = 8$
Виконання завдань на практичних заняттях	36 (сумарна)	$86 \times 1 = 8$
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i>	8 балів	-
Виконання модульної контрольної роботи №2	10	-
<b>Усього за модулем №2</b>	<b>22</b>	<b>16</b>
	<b>Модуль № 3. «Моделювання електронних процесів у речовині»</b>	
Виконання та захист лабораторних робіт	$26 \times 3 = 6$	$86 \times 1 = 8$
Виконання завдань на практичних заняттях	36 (сумарна)	$86 \times 1 = 8$
Виконання та захист контрольної роботи	-	12
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №3 студент має набрати не менше</i>	6 балів	-
Виконання модульної контрольної роботи №3	10	-
<b>Усього за модулем №3</b>	<b>19</b>	<b>28</b>
<b>Семестровий екзамен</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Усього за дисципліною</b>	<b>100</b>	

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку.

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.


4.4. Сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості,

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
	стор.12 з 13		

навчальної картки та залікової книжки студента, наприклад, так: **92/Відм./А**, **87/Добре/В**, **79/Добре/С**, **68/Задов./D**, **65/Задов./Е** тощо.

4.6. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи математичного моделювання процесів в електронних пристроях»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2020
		стор.13 з 13	

(Ф 03.02 – 01)

**АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА**

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

**АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ**

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

**АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ**

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

**АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН**

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміни	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

**УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН**

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				