

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. Декан ФАЕТ

С.Завгородній
« 22 » 02 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

А. Полухін
« 23 » 02 2021 р.

Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Фізика твердого тіла»

Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування
 Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка
 Освітньо-професійна програма: Фізична та біомедична електроніка

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Лаб. заняття	СРС	ДЗ / РГР / К.р.	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна:	4	180/6,0	32	32	-	116	-	-	Екзамен - 4 с
Заочна	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Індекс: НБ-2-153-3/20-1.14

СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021



Система менеджменту якості.
Робоча програма навчальної дисципліни
«Фізика твердого тіла»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РП 22.02-01-2021

стор. 2 з 10

Робочу програму навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла» розроблено на основі освітньої програми та навчального плану № НБ-2-153-3/20 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» за освітньо-професійною програмою «Фізична та біомедична електроніка», та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:
професор кафедри ЕРМІТ

Е. Азнакаєв

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» (освітньо-професійна програма: «Фізична та біомедична електроніка») - кафедри ЕРМІТ, протокол № 3 від «15» 02 2021 р.

Завідувач кафедри

В. Шутко

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, протокол № 6 від «22» 02 2021 р.

Голова НМРР

О. Кривоносенко

Рівень документа – 3б


Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник



ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	4
1.1. Заплановані результати	4
1.2. Програма навчальної дисципліни.....	5
2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	7
2.1. Структура навчальної дисципліни.	7
3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ	8
3.1. Методи навчання.....	8
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	9
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті.....	9
4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ	10

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021
		стор. 4 з 10	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла» розроблена 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 основою сукупності знань та вмінь, що направлені на підготовку до вивчення та засвоєння циклу дисциплін з мікро- та наносистемної техніки професійного спрямування.

Метою викладання дисципліни є розкриття сучасних наукових концепцій, понять, методів та технологій формування у студентів знань, які необхідні для розуміння принципу роботи та проектування електронних пристроїв побудованих на принципах фізики твердого тіла, які використовуються в мікро- та наносистемній техніці, а також придбання практичних навичок знаходження фізичних характеристик таких систем.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення основних напрямків розвитку електронних пристроїв побудованих на принципах фізики твердого тіла, оволодіння знаннями про призначення та принцип дії елементів та вузлів таких електронних пристроїв;
- оволодіння комплексом знань, які необхідні для плідної участі в творчій науковій роботі шляхом застосування практичних і теоретичних знань, отриманих за час навчання у ВНЗ;
- висвітлення основних напрямків, закономірностей, змісту і форм наукової творчості, методів планування, організації і керування науковою творчістю та роботою наукових колективів, конкурсного добору наукових проектів;
- дослідження сучасних теоретичних і експериментальних методів пошуку нових інженерних рішень в електроніці;
- ознайомлення з основними фізичними принципами функціонування та розробки електронних пристроїв та систем, винахідницької та раціоналізаторської роботи;
- виявлення творчих задатків та розвиток здібностей студентів, вироблення практичних навичок і умінь виконання наукових досліджень та роботи в наукових колективах.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути наступні **компетентності**:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі мікро- та наносистемної техніки, або у процесі навчання, що передбачає застосування теор.

ЗК-1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК-6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість.

ЗК-12. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ФК-1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.



ФК-2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

ФК-3. Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.

ФК-4. Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язування професійних завдань у галузі мікро- та наносистемної техніки.

ФК-6. Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструктивних елементів геліоенергетики, приладів фізичного та біомедичного призначення.

Міждисциплінарні зв'язки

Навчальна дисципліна «Фізика твердого тіла» використовує знання, які набувають студенти при вивченні таких дисциплін, як: «Вища математика», «Фізика», «Фізика малорозмірних ефектів» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Прикладна оптоелектроніка», «Цифрові приймачі біомедичних зображень», «Медична акустoeлектроніка» та інших.

1.2. Програма навчальної дисципліни.

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

- навчального модуля №1 «Квантова теорія твердого тіла»;
- навчального модуля № 2 «Електронні процеси 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. «Квантова теорія 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.



Тема 6. Електричні властивості металів та діелектриків. Модель вільного електронного газу Друде. Модель вільного електронного газу Фермі. Енергія Фермі. Функція розподілу Фермі-Дірака. Розрахунок електропровідності та електронної теплоємності металів. Види поляризації діелектриків. Діелектричні втрати. Частотна залежність діелектричної проникності. Сегнетоелектрики.

Тема 7. 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. №2. «Електронні процес 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. Тиристори. Стабілізатори електричної напруги. Напівпровідникові стабілітрони та стабістори. Варікапи.

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 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 фотоелементів. Процеси поглинання в напівпровідниках і прилади на їх основі. Фотоелементи. Процеси випромінювання напівпровідників.



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	СРС	Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4 семестр									
Модуль №1. «Квантова теорія твердого тіла»									
1.1	Зонна теорія твердого тіла. Рівняння Шредингера для кристала..	11	2	2	7				
1.2	Наближення сильно та слабо зв'язаних електронів. Метод Хартрі-Фока.	11	2	2	7				
1.3	Рух електронів в кристалі у зовнішніх полях. Модель Кроніга-Пені.	13	2	2	7				
1.4	Динаміка кристалічної ґратки.	11	2	2	7				
1.5	Дефекти в кристалах.	11	2	2	7				
1.6	Електричні властивості металів та діелектриків.	11	2	2	7				
1.7	Магнітні явища. Надпровідність.	11	2	2	7				
1.8	Модульна контрольна робота №1	11	2	-	9				
Усього за модулем №1		90	16	16	58				
Модуль №2. «Електронні процес у речовині»									
2 семестр									
2.1	Напівпровідникові матеріали та процеси в них.	11	2	2	7				
2.2	Напівпровідникові контактні переходи.	11	2	2	7				
2.3	Напівпровідникові пристрої.	11	2	2	7				
2.4	Напівпровідникові діоди.	11	2	2	7				
2.5	Транзистори.	11	2	2	7				
2.6	Динаміка електронних станів.	13	2	2	7				
2.7	Поглинання світла у напівпровідниках.	11	2	2	7				
2.8	Модульна контрольна робота №2	11	2	-	9				
Усього за модулем №2		90	16	16	58				
Усього за семестр		180	32	32	116				
Усього за навчальною дисципліною		180	32	32	116				

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:
– пояснювально-ілюстративний метод;



- метод проблемного викладання;
- репродуктивний метод;
- дослідницький метод.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному вирішенні задач, роботі з навчальною літературою для опанування фундаментальних, загально технічних і професійних основ спеціальності за напрямом «Мікро- та наносистемна техніка», специфіки майбутньої роботи випускника.

3.2. Рекомендована література

Базова література


- 3.2.1. Болеста І. Фізика твердого тіла / Л.: Вид-во відділу ЛНУ ім. Франка, 2003. – 479 с.
- 3.2.2. Заячук Д. Нанотехнології і наноструктури: навч. посіб. / Д. М. Заячук. Львів: Вид-во «Львівська політехніка», 2009. – 580 с.
- 3.2.3. Боровий М.О., Цареградська Т.Л., Куницький Ю.А., Каленик О. Невпорядковані системи та квазікристали. – ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2014, 228с.
- 3.2.4. Заячук Д. Нанорозмірні структури і надгратки: навч. посіб. / Д. М. Заячук. – Львів: Вид-во «Львівська політехніка», 2006. – 220 с..
- 3.2.5. Поплавко Ю. Фізичне матеріалознавство. Ч. 2. Діелектрики. / Ю.М. Поплавко, Л.П. Переверзева, А. С. Воронов, Ю.І. Якименко. – К. Політехнік, 2007. – 390 с.
- 3.2.6. Якименко Ю. Фізичне матеріалознавство. Ч. 1. Основні напрямки матеріалознавства/ Ю.І. Якименко Ю.М., А. С. Воронов, Ю.М. Поплавко, – К. Політехнік, 2011. – 300 с.
- 3.2.7. Макарець М.В. Взаємодія заряджених частинок з твердим тілом та наноструктурами. – В.: Нілан, 2014, 172с.

Допоміжна література

- 3.2.8. Боровий М.О., Куницький Ю.А., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л., Каленик О. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої. – Інтерсервіс, 2015, 350с.
- 3.2.9. Дмитренко О.П., Куліш М.П. Структура матеріалів. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2012. – 623 с.
- 3.2.10. Carbon Nanotubes: Synthesis, Structure, Properties, and Applications/ Eds. Dresselhaus, M.S. – Berlin:Springer, 2001. – (Topics in Appl. Phys.; Vol.80).

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті

- 3.3.1 <http://kafelec.nau.edu.ua/materialu12-ukr.html>
- 3.3.2. <http://chitalnya.nung.edu.ua/osnovi-cifrovoyi-tehniki.html>

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика твердого тіла»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021
		стор. 9 з 10	

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

	Максимальна кількість балів		Заочна форма навчання
	Денна форма навчання		
Вид навчальної роботи	4 семестр		
	Модуль №1	Модуль №2	
Виконання завдань на практичних заняттях	3б×7=21	3б×7=21	
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи студент має набрати не менше</i>	<i>14 бали</i>	<i>14 бали</i>	
Виконання модульної контрольної роботи	9	9	
Усього за модулем	30	30	
Семестровий екзамен	40		
Усього за дисципліною	100		

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 поточної та контрольної модульних рейтингових оцінок становить підсумкову модульну рейтингову оцінку, яка в балах та за національною шкалою заноситься до відомості модульного контролю.

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

4.6. 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

4.7. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки студента, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.8. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни, яка викладається протягом одного семестру, дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці.

Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.



(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 зміну	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				