

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Фізичні основи електроніки
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій. Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Розробник(и)	Вітренко Андрій Миколайович
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти, НРК – 6 рівень, QF-LLL – 6 рівень, FQ-EHEA – перший цикл
Семестр вивчення навчальної дисципліни	16 тижнів протягом 3-го семестру
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, з яких 64 годин становить контактна робота з викладачем (24 годин лекцій, 24 годин практичних занять, 16 годин лабораторних занять), 86 годин становить самостійна робота
Мова викладання	Українська

2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

Статус дисципліни	Обов'язкова навчальна дисципліна для всіх освітніх програм спеціальності 171 "Електроніка"
Передумови для вивчення дисципліни	Передумови для вивчення відсутні
Додаткові умови	Фізика
Обмеження	Обмеження відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є отримання глибоких та систематичних знань про властивості твердого тіла на макроскопічному рівні та їх зв'язок із мікроскопічною структурою твердого тіла, а також освоєння фізичних основ функціонування елементів електроніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Вступ. Фізичні основи функціонування елементів електроніки
Фізика, сучасна фізична картина світу. Електроніка та її галузі. Загальні уявлення про електрон. Предмет навчальної дисципліни «Фізичні основи електроніки». Електронні компоненти: резистори, конденсатори, котушки індуктивності, напівпровідникові діоди.

Тема 2 Кристалічна решітка. Зонна теорія твердих тіл

Стани речовини. Кристалічні та аморфні тверді тіла. Будова кристалічної решітки. Елементарна комірка. Постійні решітки. Кристалографічні системи (сингонії). Решітки Браве. Комірки Вігнера-Зейтца. Кристалографічні символи. Основні площини в кубічній решітці. Іонний, ковалентний, металевий, молекулярний зв'язки. Енергія зв'язку кристала. Рівняння Шредінгера для кристала. Наближення багатоелектронної задачі для кристала: адиабатичне, одноелектронне, майже вільних електронів, сильно зв'язаних електронів. Енергетичні зони кристала.

Тема 3 Елементи статистичної фізики. Електронна теорія металів

Поняття про статистичну фізику. Квантова статистика. Принцип тотожності. Принцип Паулі. Основна задача квантової статистики. Повна статистична функція розподілу. Густина станів. Функція розподілу. Густина станів вільних мікрочастинок в імпульсному та енергетичному представленнях. Основні статистичні розподіли. Ферміони і бозони. Розподіл Фермі-Дірака. Хімічний потенціал. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Розподіли Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна при малих числах заповнення. Вироджена система, температура виродження. Квантова статистика електронів у металах. Розподіл Фермі-Дірака при абсолютному нулі. Енергія Фермі. Закон розподілу електронів провідності, їх концентрація. Температура Фермі. Розподіл Фермі-Дірака при температурі, вищій за абсолютний нуль. Класична електронна теорія металів. Ідеальний електронний газ. Закон Ома, питома електропровідність металу. Закон Джоуля-Ленца. Закон Відемана-Франца. Недоліки класичної електронної теорії металів.

Тема 4 Електронна теорія напівпровідників

Напівпровідники. Термічний коефіцієнт опору напівпровідника. Власні й домішкові напівпровідники, їх зонна структура. Статистика електронів і дірок у напівпровідниках із власною провідністю. Ефективні маси електрона й дірки. Концентрація електронів у зоні провідності. Концентрація дірок у валентній зоні. Ефективні густини одноелектронних станів у зоні провідності й валентній зоні. Закон діючих мас і хімічний потенціал для власних напівпровідників. Рівень Фермі. Елементи статистики електронів у домішкових напівпровідниках. Донорні й акцепторні рівні. Залежність хімічного потенціалу від температури для домішкових напівпровідників. Електропровідність власних і домішкових напівпровідників.

Тема 5 Електронна теорія магнетиків

Магнетизм. Магнітний дипольний момент. Намагніченість, магнітна сприйнятливості речовини. Класифікація магнетиків. Діа-, пара-, феромагнетики. Теорія діамагнетизму. Формула Ланжевена для діамагнітної сприйнятливості. Магнітні властивості атомів. Гіромагнітні відношення. Магнетон Бора. Теорія парамагнетизму. Модель Рассел-Саундерса. Фактор Ланде електронної оболонки. Формула Брилюена-Дебая. Закон Кюрі-Вейса. Феромагнетизм, антиферомагнетизм, феримагнетизм. Магнітна елементарна комірка. Спонтанна намагніченість. Феноменологічний опис феро- та антиферомагнетизму. Домени. Поле Вейса. Температура Кюрі.

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	Знати теорії будови кристалічного твердого тіла; принципи, розподіли квантової статистики; електронні теорії металів, напівпровідників, магнетиків
-----	--

PH2	Знати основні фізичні принципи побудови і функціонування електронних приладів
PH3	Застосовувати знання фізики твердого тіла, статистичної та квантової фізики для розрахунку характеристик і електричних параметрів матеріалів електроніки й електронних приладів та пристроїв
PH4	Вимірювати електричні параметри електронних приладів

6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.
Для спеціальності 171 Електроніка:

ПР1	Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.
ПР3	Знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, аналітичної механіки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла.
ПР4	Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.
ПР6	Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.
ПР17	Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.

7. Види навчальних занять та навчальної діяльності

7.1 Види навчальних занять

Тема 1. Вступ. Фізичні основи функціонування елементів електроніки
Лк1 "Вступ до дисципліни. Фізичні основи функціонування елементів електроніки" Фізика, сучасна фізична картина світу. Електроніка та її галузі. Загальні уявлення про електрон. Предмет навчальної дисципліни «Фізичні основи електроніки». Електронні компоненти: резистори, конденсатори, котушки індуктивності, напівпровідникові діоди.
Лб1 "Фізичні процеси в електричних конденсаторах" Визначення електроємності конденсатора за графіком осцилограми його розряду через резистор, отриманим за допомогою віртуального стенда LabVIEW.

<p>Лб2 "Фізичні процеси в електричних конденсаторах"</p> <p>Завершення виконання і захист лабораторної роботи №1 «Фізичні процеси в електричних конденсаторах».</p>
<p>Лб3 "Фізичні процеси в електронних LR-фільтрах"</p> <p>Визначення частоти зрізу пасивного LR-фільтра високих частот за графіками осцилограм вхідного і вихідного гармонічних сигналів, отриманими за допомогою віртуального стенда LabVIEW.</p>
<p>Лб4 "Фізичні процеси в електронних LR-фільтрах"</p> <p>Завершення виконання і захист лабораторної роботи №2 «Фізичні процеси в електронних LR-фільтрах».</p>
<p>Лб5 "Фізичні процеси в RLC-контурі"</p> <p>Визначення логарифмічного декременту загасання за графіком осцилограми згасальних коливань в RLC-контурі, отриманим за допомогою віртуального стенда LabVIEW.</p>
<p>Лб6 "Фізичні процеси в RLC-контурі"</p> <p>Завершення виконання і захист лабораторної роботи №3 «Фізичні процеси в RLC-контурі».</p>
<p>Лб7 "Фізичні процеси в напівпровідникових діодах"</p> <p>Визначення диференціального опору напівпровідникового діода за графіком вольт-амперної характеристики, отриманим за допомогою віртуального стенда LabVIEW.</p>
<p>Лб8 "Фізичні процеси в напівпровідникових діодах"</p> <p>Завершення виконання і захист лабораторної роботи №4 «Фізичні процеси в напівпровідникових діодах».</p>
<p>Тема 2. Кристалічна решітка. Зонна теорія твердих тіл</p>
<p>Лк2 "Кристалічна решітка"</p> <p>Стани речовини. Кристалічні та аморфні тверді тіла. Будова кристалічної решітки. Елементарна комірка. Постійні решітки. Кристалографічні системи (сингонії). Решітки Браве. Комірки Вігнера-Зейтца. Кристалографічні символи. Основні площини в кубічній решітці.</p>
<p>Лк3 "Типи зв'язків у твердих тілах"</p> <p>Іонний, ковалентний, металевий, молекулярний зв'язки. Енергія зв'язку кристала.</p>
<p>Лк4 "Зонна теорія твердих тіл"</p> <p>Рівняння Шредінгера для кристала. Наближення багатоелектронної задачі для кристала: адіабатичне, одноелектронне, майже вільних електронів, сильно зв'язаних електронів. Енергетичні зони кристала.</p>

<p>Пр1 "Кристалографічні символи"</p> <p>Індекси площин Міллера, індекси напрямків, індекси вузлів.</p>
<p>Пр2 "Кристалографічні символи"</p> <p>Індекси площин Міллера, індекси напрямків, індекси вузлів. Зв'язок між міжплощинною відстанню і параметром ґратки через індекси Міллера для кубічної сингонії.</p>
<p>Пр3 "Будова твердого тіла"</p> <p>Типи ґратки, період ґратки, густина і молярна маса кристалічного твердого тіла. Об'єм однієї елементарної комірки через міжплощинну відстань для кубічної сингонії. Число елементарних комірок у кристалі. Кількість атомів в елементарній комірці.</p>
<p>Пр4 "Будова твердого тіла"</p> <p>Типи ґратки, період ґратки, густина і молярна маса кристалічного твердого тіла. Коефіцієнт пакування.</p>
<p>Тема 3. Елементи статистичної фізики. Електронна теорія металів</p>
<p>Лк5 "Елементи статистичної фізики"</p> <p>Поняття про статистичну фізику. Квантова статистика. Принцип тотожності. Принцип Паулі. Основна задача квантової статистики. Повна статистична функція розподілу. Густина станів. Функція розподілу. Густина станів вільних мікрочастинок в імпульсному та енергетичному представленнях. Основні статистичні розподіли. Ферміони і бозони. Розподіл Фермі-Дірака. Хімічний потенціал. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Розподіли Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна при малих числах заповнення. Вироджена система, температура виродження.</p>
<p>Лк6 "Квантова статистика електронів у металах"</p> <p>Розподіл Фермі-Дірака при абсолютному нулі. Енергія Фермі. Закон розподілу електронів провідності, їх концентрація. Температура Фермі. Розподіл Фермі-Дірака при температурі, вищій за абсолютний нуль.</p>
<p>Лк7 "Класична електронна теорія металів"</p> <p>Ідеальний електронний газ. Закон Ома, питома електропровідність металу. Закон Джоуля-Ленца. Закон Відемана-Франца. Недоліки класичної електронної теорії металів.</p>
<p>Пр5 "Квантова статистика електронів у металах"</p> <p>Закон розподілу електронів провідності за енергіями та їх концентрація при абсолютному нулі. Енергія Фермі. Кількість електронів провідності на один атом.</p>
<p>Пр6 "Квантова статистика електронів у металах"</p> <p>Середня кінетична енергія електронів провідності при абсолютному нулі. Закон розподілу електронів провідності за імпульсами, швидкостями.</p>

<p>Пр7 "Квантова статистика електронів у металах"</p> <p>Максимальна, середня, середня квадратична швидкості електронів провідності при абсолютному нулі.</p>
<p>Пр8 "Виродження електронного газу"</p> <p>Вироджена система. Температура виродження. Температура Фермі.</p>
<p>Тема 4. Електронна теорія напівпровідників</p>
<p>Лк8 "Електронна теорія напівпровідників"</p> <p>Напівпровідники. Термічний коефіцієнт опору напівпровідника. Власні й домішкові напівпровідники, їх зонна структура. Статистика електронів і дірок у напівпровідниках із власною провідністю. Ефективні маси електрона й дірки. Концентрація електронів у зоні провідності. Концентрація дірок у валентній зоні. Ефективні густини одноелектронних станів у зоні провідності й валентній зоні.</p>
<p>Лк9 "Електронна теорія напівпровідників"</p> <p>Закон діючих мас і хімічний потенціал для власних напівпровідників. Рівень Фермі. Елементи статистики електронів у домішкових напівпровідниках. Донорні й акцепторні рівні. Залежність хімічного потенціалу від температури для домішкових напівпровідників. Електропровідність власних і домішкових напівпровідників.</p>
<p>Пр9 "Власні напівпровідники"</p> <p>Концентрація електронів у зоні провідності. Концентрація дірок у валентній зоні. Закон діючих мас. Рівень Фермі.</p>
<p>Пр10 "Власні напівпровідники"</p> <p>Електропровідність власних напівпровідників. Ефект Холла.</p>
<p>Пр11 "Домішкові напівпровідники"</p> <p>Закон діючих мас. Концентрація носіїв струму, яка була б за відсутності локальних рівнів. Електропровідність домішкових напівпровідників.</p>
<p>Пр12 "Домішкові напівпровідники"</p> <p>Електропровідність домішкових напівпровідників. Ефект Холла.</p>
<p>Тема 5. Електронна теорія магнетиків</p>
<p>Лк10 "Електронна теорія магнетиків"</p> <p>Магнетизм. Магнітний дипольний момент. Намагніченість, магнітна сприйнятливості речовини. Класифікація магнетиків. Діа-, пара-, феромагнетики. Антиферомагнетизм і феримагнетизм. Теорія діамагнетизму. Формула Ланжевена для діамагнітної сприйнятливості.</p>

Лк11 "Електронна теорія магнетиків" Магнітні властивості атомів. Гіромагнітні відношення. Магнетон Бора. Теорія парамагнетизму. Модель Рассел-Саундерса. Фактор Ланде електронної оболонки. Формула Брилюена-Дебая. Закон Кюрі-Вейса.
Лк12 "Електронна теорія магнетиків" Феромагнетизм, антиферомагнетизм, феримагнетизм. Магнітна елементарна комірка. Спонтанна намагніченість. Феноменологічний опис феро- та антиферомагнетизму. Домени. Поле Вейса. Температура Кюрі.

7.2 Види навчальної діяльності

НД1	Вивчення теоретичного матеріалу за лекціями та літературою
НД2	Виконання практичних завдань
НД3	Виконання і захист лабораторних робіт
НД4	Конспектування
НД5	Підготовка до атестації

8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Лекції-візуалізації із використанням мультимедійних засобів навчання.
МН2	Практичні і лабораторні заняття, під час яких набуваються практичні вміння та навички.
МН3	Самостійна робота з вивчення навчальних матеріалів та завершення виконання лабораторних завдань.
МН4	Контроль навчальної роботи – модульний контроль знань теоретичного матеріалу.

Лекції надають студентам матеріали з дисципліни «Фізичні основи електроніки», що є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (РН1 і РН2). Лекції доповнюються практичними і лабораторними заняттями, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на конкретних прикладах (РН3 і РН4).

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

9. Методи та критерії оцінювання

9.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
------------	---	------------------------------------

Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальні критерії	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$35 \leq RD < 59$
Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 34$

9.2 Методи поточного формативного оцінювання

МФО1	Опитування та усні коментарі викладача за його результатами
МФО2	Настанови викладача під час виконання практичних і лабораторних завдань
МФО3	Самооцінювання виконання практичних і лабораторних завдань
МФО4	Обговорення та взаємооцінювання здобувачами вищої освіти виконаних практичних і лабораторних завдань

9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

МСО1	Опитування під час лекційних занять
МСО2	Звіт за результатами виконання практичних робіт
МСО3	Звіт за результатами виконання лабораторних робіт
МСО4	Захист лабораторних робіт
МСО5	Підсумковий модульний контроль

Контрольні заходи:

3 семестр		100 балів
МСО1. Опитування під час лекційних занять		12
	12x1	12
МСО2. Звіт за результатами виконання практичних робіт		12
	12x1	12
МСО3. Звіт за результатами виконання лабораторних робіт		12
	4x3	12
МСО4. Захист лабораторних робіт		12
	4x3	12
МСО5. Підсумковий модульний контроль		52

	2x26	52
--	------	----

Контрольні заходи в особливому випадку:

Семестрова атестація за наслідками модульної атестації здійснюється без проведення екзаменаційної сесії. Повинні виконуватися такі положення: а) здобувач вищої освіти, який упродовж навчального періоду виконав усі заплановані види навчальної роботи та за наслідками модульних атестацій набрав необхідну кількість рейтингових балів (не менше 60 балів від визначених шкалою оцінювання), яка відповідає позитивній оцінці, одержує семестрову оцінку відповідно до набраних рейтингових балів. При цьому складання підсумкового семестрового контролю (ПСК) з метою підвищення позитивної оцінки не здійснюється; б) здобувач вищої освіти, який упродовж поточної роботи не набрав кількості рейтингових балів, що відповідають позитивній оцінці, але не менше ніж 35 балів, зобов'язаний скласти ПСК після завершення останнього модульно-атестаційного циклу у семестрі або екзаменаційної сесії, якщо вона передбачена, за додатковою відомістю обліку успішності (першою незадовільною оцінкою вважається та, що одержана за наслідками модульних атестацій, яка виставляється в основну відомість обліку успішності). Здобувач вищої освіти має право на два перескладання ПСК – викладачеві та комісії. У разі незадовільного складання ПСК комісії здобувач вищої освіти одержує оцінку «незадовільно» («F»); в) у разі успішного складання ПСК використовується оцінка «задовільно», що свідчить про виконання здобувачем вищої освіти мінімальних вимог без урахування накопичених балів. До документів про освіту здобувача вищої освіти негативні оцінки не заносять, оцінка «незадовільно» замінюється на оцінку «задовільно» («E») із визначенням рейтингового бала 60; г) здобувач вищої освіти, який за наслідками модульних атестацій набрав кількість рейтингових балів менше від 35, не допускається до ПСК і одержує оцінку «незадовільно» («F»).

10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

10.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедійний проектор для проведення лекційних занять
ЗН2	Бібліотечні фонди
ЗН3	Лабораторне обладнання (хімічне, фізичне, медичне, матеріали та препарати тощо)
ЗН4	Програмне забезпечення (для підтримки дистанційного навчання, Інтернет-опитування, віртуальних лабораторій, віртуальних пацієнтів, для створення комп'ютерної графіки, моделювання тощо та ін.)

10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	Поплавко Ю.М. Фізика твердого тіла. В 2-х тт. Т. 1. Структура, квазічастинки, метали, магнетика : підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 415 с.

2	Поплавко Ю.М. Фізика твердого тіла. В 2-х тт. Т. 2. Діелектрики, напівпровідники, фазові переходи : підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 379 с.
3	Чешко І.В. Методичні вказівки до самостійної та практичних робіт із дисципліни "Фізичні основи електроніки" : для студ. спец. 171 "Електроніка" денної та заочної форм навчання. – Суми : СумДУ, 2018. – 54 с.
Допоміжна література	
1	Дрозденко К.С. Фізичні основи електроніки : курс лекцій : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 153 с.
2	Борисов О.В., Волхова Т.Л., Королевич Л.М. Твердотільна електроніка : практикум : навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 108 с.
3	Hofmann P. Solid state physics : An introduction. 2nd ed. – Weinheim : Wiley-VCH, 2015. – 264 p. – (Physics Textbook)
Інформаційні ресурси в Інтернеті	
1	Miller Indices Visualizer : Lattice Plane // Calistry, 2021. – URL : http://calistry.org/calculate/latticePlanesMillerIndices
2	Radius Ratio of Ionic Crystals : Visualizer // Calistry, 2021. – URL : http://calistry.org/calculate/radius-ratio-ionic-crystals-visualizer
3	Визначення електроємності конденсатора за осцилограмою його розряду через резистор : методичні вказівки до виконання лабораторної роботи // А.М. Вітренко. – Суми : 2021. – URL : https://lecturedsumdu.blob.core.windows.net/nodes/8463/27b2cb82-4d29-11ec-8bc9-005056827921/Л61.pdf
4	Дослідження проходження гармонічного сигналу через пасивний LR-фільтр високих частот : методичні вказівки до виконання лабораторної роботи // А.М. Вітренко. – Суми : 2021. – URL : https://lecturedsumdu.blob.core.windows.net/nodes/8463/5024b082-4d31-11ec-8bc9-005056827921/Л64.pdf
5	Вивчення згасальних коливань в RLC-контурі : методичні вказівки до виконання лабораторної роботи // А.М. Вітренко. – Суми : 2021. – URL : https://lecturedsumdu.blob.core.windows.net/nodes/8463/88f60b14-4d35-11ec-81bc-005056827921/Л66.pdf
6	Дослідження вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода : методичні вказівки до виконання лабораторної роботи // А.М. Вітренко. – Суми : 2021. – URL : https://lecturedsumdu.blob.core.windows.net/nodes/8463/70fc041e-4d3a-11ec-81bc-005056827921/Л68.pdf