



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



# Фізичні основи електроніки

### Шифр та назва спеціальності

105 – Прикладна фізика і наноматеріали

### Інститут

ННІ комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

### Освітня програма

Прикладна фізика та наноматеріали для енергетики, медицини, радіоелектроніки та телекомунікацій

### Кафедра

Радіоелектроніка (164)

### Рівень освіти

Бакалавр

### Тип дисципліни

Спеціальна (фахова). Обов'язкова

### Семестр

3

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Козлов Сергій Сергійович

[serhii.kozlov@khrpi.edu.ua](mailto:serhii.kozlov@khrpi.edu.ua)

Доцент кафедри радіоелектроніки

Досвід роботи - 18 років.

Автор понад 30 наукових та навчально-методичних праць.

Курси: "Радіотехнічні кола та сигнали", "Електромагнітні системи", "Основи радіолокації", "Теорія радіолокаційних вимірювань"

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна «Фізичні основи електроніки» належить розділу дисциплін спеціальної (фахової) підготовки. Дисципліна спрямована на ознайомлення здобувачів вищої освіти з основами будови напівпровідникових приладів випромінювання і прийому оптичного і квазіоптичного випромінювання. Дисципліна є важливою для підготовки здобувачів вищої освіти в напрямі застосування на практиці теоретичних знань з фізики напівпровідників, а також надає основи для подальшого вивчення різних спеціалізованих аспектів цієї галузі.

### Мета та цілі дисципліни

Метою викладання дисципліни є теоретична та практична підготовка здобувачів зі спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» в галузі напівпровідникової та оптичної електроніки в такому ступені, щоб вони могли успішно освоїти спеціальні курси, що є суміжними для електротехнічних дисциплін, а також у процесі інженерної діяльності успішно використовувати

знання з фізичних основ функціонування і побудови напівпровідникових та оптоелектронних пристроїв.

Цілі: Формування у здобувачів теоретичних знань та практичних навичок з атомно-молекулярної структури твердих тіл, в тому числі основні положення квантової фізики, фізичних механізмів утворення вільних носіїв електричних зарядів і протікання електричного струму в твердих тілах; переходів в твердих тілах і властивості електронно-діркового переходу і переходу метал-напівпровідник; принципів дії і будови основних типів провідників оптичного випромінювання; застосовувати на практиці теоретичні знання з фізики напівпровідників; вирішувати прості задачі з тематики напівпровідників, зокрема розраховувати щільності дрейфового і дифузійного струмів в різноманітних напівпровідниках; розраховувати прості оптоелектронні пристрої.

### **Формат занять**

Лекції, лабораторні заняття, практичні заняття, самостійна робота. Підсумковий контроль – іспит.

### **Компетентності**

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК8. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.

СК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

СК3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

СК6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

СК8. Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах.

### **Результати навчання**

Р01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

Р03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

Р04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

Р05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

Р09. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.

Р10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проектів.

### **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 48 год., лабораторні заняття – 16 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 100 год.

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Фізика, Вища математика

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Лекції проводяться з використанням мультимедійних технологій. Викладання теоретичних положень супроводжуються комп'ютерними демонстраціями. Лабораторні роботи проводяться як

із застосуванням загального і спеціального лабораторного обладнання (прилади, макети), так і з використанням програмного середовища Multisim

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

#### **Тема 1. Вступ. - 2 год.**

Задачі і зміст курсу. Сили і поля. Коливання і спектри. Зв'язок між частотою і енергією коливань. Хвилі.

#### **Тема 2. Модель атома Бора-Резерфорда. - 2 год.**

Постулати Бора. Повна енергія електрона на стаціонарній орбіті. Енергетична діаграма електронних рівнів. Резонансні явища в атомних системах (спектри випромінювання і поглинання).

#### **Тема 3. Основні поняття квантової фізики. - 4 год.**

Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Уявний експеримент з монохроматичною хвилею і одиничним імпульсом. Принцип заборони Паулі. Поняття чорного тіла. Спектр випромінювання чорного тіла. Поняття кванту. Дискретність енергії.

#### **Тема 4. Колективні процеси. - 3 год.**

Поняття колективного процесу, його основні властивості. Функція розподілу молекул за швидкостями (розподіл Максвелла). Температура. Розподіл Больцмана. Рівноважний стан, рівноважна температура. Безперервність і дискретність.

#### **Тема 5. Тверді тіла. - 5 год.**

Твердий стан тіл. Типи кристалів. Утворення іонних кристалів. Утворення ковалентних кристалів. Енергетичні зони твердого тіла. Структура енергетичних зон діелектриків, напівпровідників, металів. Рух електронів в твердому тілі. Трансляційні електрони. Класична теорія провідності металів. Статистика Максвелла-Больцмана. Питома провідність. Квантова теорія провідності металів. Формула Зомерфельда.

#### **Тема 6. Власні напівпровідники. - 4 год.**

Напівпровідникові речовини. Групи напівпровідників. Їх місце в періодичній таблиці елементів. Основні властивості напівпровідників. Власні напівпровідники. Поняття збудженої провідності напівпровідників. Електрони і дірки. Утворення дірки. Енергетична діаграма власних напівпровідників. Залежність питомої провідності напівпровідників від температури і концентрації домішок. Розподіл Дірака. Енергетичний рівень Фермі.

#### **Тема 7. Домішкові напівпровідники. - 4 год.**

Вплив концентрації домішок на величину питомої провідності напівпровідників. Донорні і акцепторні напівпровідники. Основні і неосновні носії заряду в донорних і акцепторних напівпровідниках, їх концентрація. Енергетичні діаграми донорних і акцепторних напівпровідників. Рівень Фермі в домішкових напівпровідниках. Рівноважні концентрації вільних носіїв заряду в напівпровідниках. Визначення концентрації і рухливості вільних носіїв заряду в напівпровідниках.

#### **Тема 8. Переходи і контакти в твердих тілах. - 4 год.**

Електронно-дірковий перехід, фізичні процеси в ізолюваному переході. Основні властивості електронно-діркового переходу – одностороння провідність, пробій, електрична ємність тощо. Контакт металу і напівпровідника (бар'єр Шоткі). Випрямляючі і не випрямляючі контакти. Гетеропереходи. P-i-n-переходи.

#### **Тема 9. Взаємодія світла з напівпровідниками. - 3 год.**

Світлові хвилі і фотони. Поглинання світла напівпровідниками. Випромінювання світла напівпровідниками. Рекombінаційні процеси. Час життя носіїв заряду. Внутрішня і зовнішня квантова ефективність.

#### **Тема 10. Світловипромінюючі напівпровідникові прилади. - 6 год.**

Світлодіоди. Загальні відомості. Структура кристала. Конструкція і габарити. Основні властивості світлодіодів. Ефективність. Ампер-яскрава характеристика. Оптичні властивості світлодіодів. Модуляційна характеристика. Приклади використання світлодіодів. Некогерентне і когерентне випромінювання. Принцип роботи лазера. Інжекційні лазери: структура кристала, основні властивості, параметри і характеристики. Лазери на подвійних гетероструктурах: структура кристала, основні властивості, параметри і характеристики. Оптичні

характеристики лазерів. Залежність параметрів лазера від температури. Модуляція лазерного випромінювання. Термін служби лазерів.

**Тема 11. Світлоприймальні напівпровідникові прилади. - 5 год.**

Фоторезистор: структура, принцип дії, основні співвідношення. Залежність опору від освітленості. Фотодіод: структура, принцип дії, основні співвідношення. Фотогенераторний і фотоперетворювальний режими роботи фотодіода. Залежність фотоструму від освітлення. Проходження прямокутного імпульсу через фотодіод. Схема включення фотодіода. Р-і-n-фотодіод: структура, принцип дії, основні співвідношення. Шуми фотодіода. Лавинні фотодіоди: принцип дії. Сонячні батареї.

**Тема 12. Світловоди. - 6 год.**

Фізичні основи світловодів: повне внутрішнє відбивання, інтерференція і стоячі хвилі. Хвилеводні моди. Числова апертура світловода. Конструкція світловода. Основні переваги світловодів. Типи світловодів і їх основні властивості: багатомодовий світловод з дискретним профілем показника переломлення; багатомодовий світловод з градієнтним профілем показника переломлення, одномодовий світловод. Волоконно-оптичний кабель.

## Теми практичних занять

Тема 1. Одиниці вимірювання основних і електричних величин в системі СІ.

Тема 2. Розв'язування задач з теми "Теплове випромінювання".

Тема 3. Розв'язування задач з тем "Фотоефект" і "Світловий тиск".

Тема 4. Розв'язування задач з теми "Елементи зонної теорії".

Тема 5. Розв'язування задач з теми "Надпровідність".

Тема 6. Властивості власних і домішкових напівпровідників.

Тема 7. Основні параметри і характеристики германієвих і кремнієвих переходів. Бар'єр Шоткі.

Тема 8. Параметри і характеристики світлодіодів і фотодіодів. Їх застосування.

## Теми лабораторних робіт

Тема 1. Використання вимірювальних приладів. Похибки вимірювань. - 2 год.

Тема 2. Дослідження властивостей р-n-переходу. - 4 год.

Тема 3. Дослідження ВАХ діодних оптронів.- 4 год.

Тема 4. Дослідження ВАХ транзисторних оптронів.- 2 год.

Тема 5. Оптронні підсилювачі аналогових сигналів.- 4 год.

## Самостійна робота

Самостійна робота студентів полягає в наступному (100 годин):

1. Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять - 64 год.

2. Індивідуальне розрахункове завдання: 2 задачі з курсу - 20 год.

3. Реферат на тему за курсом- 16 год.

## Література та навчальні матеріали

1 Твердотільна електроніка: підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко; за заг. ред. Ю. І. Якименка. – Київ: НТУУ «КПІ», 2019. – 484 с.

2. Papadopoulos C. Solid-State Electronic Devices: An Introduction / C. Papadopoulos. - Springer Science, 2022. – 287 p

3. Чадюк, В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання. Книга перша [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. О. Чадюк. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 398 с.

4. Дружинін А.О., Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів. Навчальний посібник. – Львів: Видавн. Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 332 с .

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються так:  
16% – відвідування лекцій, 20% – результати оцінювання виконання практичних робіт;  
20% – результати оцінювання розрахунково завдання; 24% – результати оцінювання виконання лабораторних робіт;  
20% – оцінка іспиту.

Іспит: 2 запитання з теорії з письмовими відповідями; 1 практичне завдання; усна відповідь.

### Шкала оцінювання

| Сума балів | Національна оцінка                            | ECTS |
|------------|---|------|
| 90–100     | Відмінно                                      | A    |
| 82–89      | Добре   | B    |
| 75–81      | Добре   | C    |
| 64–74      | Задовільно                                    | D    |
| 60–63      | Задовільно                                    | E    |
| 35–59      | Незадовільно<br>(потрібне додаткове вивчення) | FX   |
| 1–34       | Незадовільно<br>(потрібне повторне вивчення)  | F    |

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено



Завідувачка кафедри  
Наталія КУЗЬМЕНКО



Гарант ОП  
Сергій КОЗЛОВ