

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра _____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи фізики металів
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: _____ Метрологічне забезпечення якості продукції _____
(назва освітньої програми)

Спеціальність: _____ 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка _____
(найменування спеціальності)

Галузь знань: _____ 15 Автоматизація та приладобудування _____
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: _____ Перший (бакалаврський) _____
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
_____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

Протокол № 1 від 28.08.2020 р.

м. Запоріжжя 2020

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	ППВ 02 Основи фізики металів Навчальна дисципліна вибіркового компонента циклу загальної підготовки
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Погосов В.В., професор, д.фіз.-матем.н., завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки
Контактна інформація викладача	7646733, телефон викладача 0957717794, e-mail: vpogosov@zntu.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	згідно до розкладу занять - https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki ; дистанційне навчання – https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1662
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 210 годин кредитів – 7 кредити ЕКТС розподіл годин: 28 годин лекційних, 28 годин практичних занять, 14 годин лабораторних робіт 110 годин самостійна робота, 30 годин індивідуальна робота, вид контролю - екзамен
Консультації	Згідно з графіком консультацій https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2.Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни: фізика, фізична хімія , метрологія	
Постреквізити Дисципліна: фізика напівпровідників, одноелектроніка, основи фізики поверхні та ультрадисперсних середовищ	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Основи фізики металів - розділ фізики, який вивчає фізичні властивості і структуру твердого тіла, вивчає атомно-кристалічну, дефектну і гетерофазну структури металів і сплавів, їх фізико-хімічні властивості; вивчає також процеси, що мають місце у металах і сплавах за їх отримання, що є теоретичною основою металознавства; викладаються сучасні методи опису електронних властивостей металічних систем; слухачі ознайомлюються з основними поняттями класичних теорій Друде та Зоммерфельда; розглядаються магнітні властивості, кінетичні явища і квантові ефекти, етапи розвитку надпровідності та нанотехнологій. Ці властивості можна пояснити, спираючись на фізичні моделі твердих металів. Основи фізики металів - наукова база для фізичного матеріалознавства. Вивчення навчальної дисципліни «Основи фізики металів» дозволить студенту здійснити концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент отримає</p> <p>загальні компетентності: здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; здатність вільно володіти державною мовою та спілкуватися іноземними мовами; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел;</p> <p>фахові компетентності: здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань; здатність до професійної комунікації в науковій сфері іноземною мовою; здатність збирати, аналізувати та обробляти статистичні дані, науково-аналітичні матеріали, які необхідні для розв'язання комплексних технологічних проблем, робити на їх основі обґрунтовані висновки;</p>	

здатність формувати фізичні закономірності, які визначають властивості кристалічних і некристалічних кластерів і тонких металевих плівок;

очікувані програмні результати навчання:

вільно володіти державною мовою та спілкуватися іноземною мовою;

здатність демонструвати і використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій та технологій, необхідних для проектування та застосування метрологічної техніки;

здатність оцінювати рівень існуючих технологій у галузі професійної діяльності, ефективність технічних рішень та можливість виникнення об'єктів права інтелектуальної власності, відшукувати шляхи та можливості реалізації наукових ідей у прибуткових бізнес-проектах та стартапах;

здатність демонструвати та використовувати знання характеристик та параметрів матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем та наносистемної техніки.

4. Мета навчальної дисципліни

Підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли фундаментальні фізичні закономірності, які визначають властивості кристалічних і некристалічних металів і тонких плівок. Це дозволить майбутнім спеціалістам орієнтуватись та використовувати знання в різноманітних галузях техніки.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – знати основи фізики металів; дефекти металів, їх електро- і теплопровідність, резонансні явища, пружні властивості тощо; методи фізичних досліджень, зв'язки між окремими розділами науки і техніки; числові значення фізичних величин; основні фізичні моделі.

Практичні – сформувати практичні навички самостійної роботи з літературою для пошуку інформації про окремі визначення, поняття і терміни, пояснення їх застосування в практичних ситуаціях; розв'язання теоретичних і практичних задач; вміти проводити розрахунки характеристик металів та використовувати фізичні моделі для рішення практичних задач.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Кристалічні властивості металів

Вступ. Основні етапи розвитку фізики металів. Зв'язок дисципліни з іншими розділами фізики. Останні новини за матеріалами Internet з нанотехнологій.

Тема 1. Рівняння механічної та термодинамічної рівноваги суцільних середовищ. Елементи квантової механіки. Гіпотеза де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм електронів. Одноелектронні явища в металевих наноструктурах – одноелектронний діод на металевому нанокластері.

Тема 2. Кристалічна структура твердого тіла. Монокристал, полікристал. Індокси Міллера. Елементарна комірка, основні вектори трансляції. Гратки Браве. Базис. Обернена гратка та її властивості.

Тема 3. Плавління, та фазові діаграми металів. Умови переходу одних фаз в інші в залежності від якісного й кількісного складу та параметрів стану. Зображення фаз як області величин тиску та температури на діаграмі. Теорія плавління Френкеля як критична концентрація точкових дефектів у кристалі.

Тема 4. Класифікація, термодинаміка та механізми Шотткі і Френкеля утворення точкових дефектів. Джерело та стік точкових дефектів. Визначення енергії утворення вакансії та дефекта заміщення. Кластери дефектів. Види дислокацій у кристалах, вектор Бюргерса.

Тема 5. Енергія зв'язку атомів металу. Схема енергетичних зон електронів в твердих тілах. Характер заповнення енергетичних зон. Тунельний ефект.

Змістовий модуль 2. Електронні, магнітні та поверхневі властивості металів

Тема 6. Теплові властивості кристалічного металу. Експериментальна температурна залежність теплоємності. Класична теорія теплоємності. Квантові теорії теплоємності твердих тіл Ейнштейна і Дебая. Теорія теплового розширення у гармонічному й ангармонічному наближенні.

Тема 7. Електронний газ у металах. Класична теорія електропровідності Друде-Лоренца. Розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах. Квантова теорія електропровідності Зоммерфельда.

Тема 8. Електронні стани в кристалах. Рішення рівняння Шредінгера для вільних електронів у твердому тілі. Наближення Борна – Опенгеймера, одноелектронне наближення. Хвильова

функція Блоха, зони Бриллюена. Ефективна маса електронів провідності.

Тема 9. Поверхневі властивості металів, контакт метал-вакуум. Поверхнева енергія і робота виходу електронів. Елементи теорії електронної густини. Теорема Хоенберга-Кона. Фотоефект та термоелектронна емісія електронів.

Тема 10. Магнітний момент атому. Діамагнетизм, парамагнетизм. Феромагнітні метали, термодинаміка формування доменної структури. Залежність від температури, точка Кюрі. Електронна мікроскопія, роль флуктуацій магнітного поля на вимірювання топології металевих острівців.

Тема 11. Прості (лужні), благородні і переходні метали. Електронні властивості. Використання в наноелектроніці та біомедицині.

Тема 12. Електронно-топологічний перехід Ліфшиця 2 ½ роду в монокристалах металу під дією тиску. Тензоемісійні ефекти у нанокластерах. Метали при екстремально високих тисках і температурах.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Основні етапи розвитку фізики металів. Зв'язок дисципліни з іншими розділами фізики. Останні новини за матеріалами Internet з нанотехнологій.	Лекція	2
2	Рівняння механічної та термодинамічної рівноваги суцільних середовищ. Елементи квантової механіки. Гіпотеза де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм електронів. Одноелектронні явища в металевих наноструктурах – одноелектронний діод на металевому нанокластері.	Лекція практичне	2 2
3	Кристалічна структура твердого тіла. Монокристал, полікристал. Індокси Міллера. Елементарна комірка, основні вектори трансляції. Ґратки Браве. Базис. Обернена ґратка та її властивості.	Лекція практичні	2 6
4	Плавління, та фазові діаграми металів. Умови переходу одних фаз в інші в залежності від якісного й кількісного складу та параметрів стану. Зображення фаз як області величин тиску та температури на діаграмі. Теорія плавління Френкеля як критична концентрація точкових дефектів у кристалі.	Лекція	2
5	Класифікація, термодинаміка та механізми Шоттки і Френкеля утворення точкових дефектів. Джерело та стік точкових дефектів. Визначення енергії утворення вакансії та дефекта заміщення. Кластери дефектів. Види дислокацій у кристалах, вектор Бюргерса.	Лекція практичні	2 4
6	Енергія зв'язку атомів металу. Схема енергетичних зон електронів в твердих тілах. Характер заповнення енергетичних зон. Тунельний ефект.	Лекція практичне	2 2
7	Теплові властивості кристалічного металу. Експериментальна температурна	Лекція практичне	2 2

	залежність теплоємності. Класична теорія теплоємності. Квантова теорія теплоємності твердих тіл Ейнштейна.		
8	Квантова теорія теплоємності твердих тіл Дебая. Теорія теплового розширення у гармонічному й ангармонічному наближенні.	Лекція практичне	2 2
9	Електронний газ у металах. Класична теорія електропровідності Друде-Лоренца. Розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах. Квантова теорія електропровідності Зоммерфельда.	Лекція практичне	2 2
10	Поверхневі властивості металів, контакт метал-вакуум. Поверхнева енергія і робота виходу електронів. Елементи теорії електронної густини. Теорема Хоенберга-Кона. Фотоефект та термоелектронна емісія електронів.	Лекція	2
11	Магнітний момент атому. Діамагнетизм, парамагнетизм.	Лекція	2
12	Феромагнітні метали, термодинаміка формування доменної структури. Залежність від температури, точка Кюрі. Електронна мікроскопія, роль флуктуацій магнітного поля на вимірювання топології металевих острівців.	Лекція	2
13	Прості (лужні), благородні і перехідні метали. Електронні властивості. Використання в наноелектроніці та біомедицині.	Лекція практичні	2 8
14	Електронно-топологічний перехід Ліфшиця 2 ½ роду в монокристалах металу під дією тиску. Тензоемісійні ефекти у нанокластерах. Метали при екстремально високих тисках і температурах.	Лекція	2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кільк. годин	Контрольні заходи
1	Основні етапи розвитку фізики металів. Останні новини за матеріалами Internet з нанотехнологій.	Опрацювання літератури, підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	2	Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet з одноелектроніки в наноструктурах.
2	Рівняння механічної та термодинамічної рівноваги суцільних середовищ. Елементи квантової механіки. Гіпотеза де Бройля. Корпускулярно-хвильовий дуалізм електронів. Одноелектронні явища в металевих наноструктурах – одноелектронний діод	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	4	Реферат до курсового проекту, доповідь

	на металевому нанокластері.			
3	Кристалічна структура твердого тіла. Елементарна комірка, основні вектори трансляції. Обернена ґратка та її властивості.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
4	Плавління, та фазові діаграми металів. Зображення фаз на діаграмі. Теорія плавління Френкеля.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті.
5	Класифікація, термодинаміка та механізми Шоттки і Френкеля утворення точкових дефектів. Види дислокацій у кристалах, вектор Бюргера.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
5	Енергія зв'язку атомів металу. Схема енергетичних зон електронів в твердих тілах.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті.
6	Теплові властивості кристалічного металу. Експериментальна температурна залежність теплоємності. Класична теорія теплоємності. Квантова теорія теплоємності твердих тіл Ейнштейна.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
7	Квантова теорія теплоємності твердих тіл Дебая. Теорія теплового розширення у гармонічному й ангармонічному наближенні.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
8	Електронний газ у металах. Класична теорія електропровідності Друде-Лоренца. Розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах. Квантова теорія електропровідності.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	6	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
9	Поверхневі властивості металів, контакт метал-вакуум. Поверхнева енергія і робота виходу електронів. Елементи теорії електронної густини. Теорема Хоенберга-Кона.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	4	Усне опитування на практичному занятті.

	Фотоефект та термоелектронна емісія електронів.			
10	Магнітний момент атому. Діамагнетизм, парамагнетизм.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	4	Усне опитування на лабораторній роботі.
11	Феромагнітні метали, термодинаміка формування доменної структури. Залежність від температури, точка Кюрі. Електронна мікроскопія, роль флуктуацій магнітного поля на вимірювання топології металевих острівців.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	10	Усне опитування на лабораторній роботі.
12	Прості (лужні), благородні і перехідні метали. Електронні властивості. Використання в наноелектроніці та біомедицині.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті
13	Електронно-топологічний перехід Ліфшиця 2 ½ роду в монокристалах металу під дією тиску. Тензоемісійні ефекти у нанокластерах. Метали при екстремально високих тисках і температурах.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	8	Усне опитування на практичному занятті.
14	Основні етапи розвитку фізики металів. Зв'язок дисципліни з іншими розділами фізики. Останні новини за матеріалами Internet з нанотехнологій.	Підготовка до практичного заняття, виконання лабораторної роботи та курсового проекту	16	Усне опитування на практичному занятті.

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:
 особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій <https://zr.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki> (кожний тиждень та за попередньою домовленістю);
 відеоконференція на платформі zoom (особиста або колективна за попередньою домовленістю).

9. Система та критерії оцінювання

Система оцінювання курсу.

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістовних модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістовні модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня вцілому двох змістовних модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна вцілому оцінюється за 100-бальною шкалою.

Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансфертної системи (ЄКТС – А, В, С, D, E, FХ, F).

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків.

Оцінка «незараховано» виставляється студентіві, який виявив значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- * повнота відповіді та активність роботи студента на практичному занятті оцінюється до 6 балів (6 практичних заняття по 6 балів = 36 балів);
- * правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуального домашнього завдання студента оцінюється до 40 балів;
- * тестування – до 24 балів.

Під час контролю по другому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- * повнота відповіді та активність роботи студента на практичному занятті оцінюється до 9 балів (9 практичних заняття по 4 балів = 36 балів);
- * правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуального домашнього завдання студента оцінюється до 40 балів;
- * тестування – до 24 балів.

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за перший та другий змістовні модулі.

Якщо студент додатково складає залік, то оцінювання на заліку враховує наступні критерії:

- * студент отримує два питання, які потребують змістовної відповіді, кожне з них оцінюється від 0 до 50 балів;
- * 50-40 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його

чітке визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.

* 39-29 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття або поверхово проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.

* 28-18 балів отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.

* 17-0 балів отримують студенти, які частково і поверхово визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.

В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістовних модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час підсумкового контролю (заліку) враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

* правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті контрольної роботи студента оцінюється до 76 балів;

* тестування – до 24 балів.

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності:

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента):

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=832>) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання (сервіс moodle).

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів:

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено у п.7.5 Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка» (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Polozhennia_pro_organizatsiyu_osvitnoho_protseesu.pdf).

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п. 3.