

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОСНОВИ ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма:

Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

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

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Основи фізичних методів досліджень Навчальна дисципліна вибіркового компонента
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Погосов В. В., д-р. фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	7646733, телефон викладача 0957717794, e-mail: vpogosov@zp.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 135 годин кредитів – 4,5 кредитів ЄКТС: 30 годин лекційних, 30 годин практичних занять, 14 годин лабораторних робіт, 61 година самостійна робота, вид контролю – екзамен
Консультації	Згідно з графіком консультацій https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
<p>Пререквізити ОК 02 «Вища математика», ОК 03 «Фізика», ОК 09 «Фізична хімія», ОК 12 «Основи метрології та інформаційно-вимірювальної техніки»,</p> <p>Постреквізити ВК 17 «Діелектрична спектроскопія», ВК 19 «Основи магнітометрії конструкційних матеріалів», ВК 27 «Магнітні вимірювання».</p>	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Дисципліна «Основи фізичних методів досліджень» знайомить студентів і вивчає принципи та методи досліджень явищ у фізиці конденсованих середовищ: спостереження та експеримент, вимірювання та вимірювальні прилади, фізичні величини та їх одиниці. В основу покладено відомі експерименти та моделі з вивчення фізичних властивостей і структури матеріалів електронної техніки, викладаються теоретичні уявлення, які пояснюють ці властивості. Встановлюються зв'язки між властивостями індивідуальних атомів у таблиці Менделєєва і властивостями, які виявляються при об'єднанні атомів трансляційно-симетричні кристали. Ці властивості можна пояснити, спираючись на фізичні моделі твердих матеріалів. Основи фізичних методів досліджень – наукова база для фізичного матеріалознавства і нанотехнологій. Нанотехнології являють значний інтерес для фундаментальної науки та практичних застосувань. В усьому світі нанотехнології розглядають як один з найбільш пріоритетних напрямків в інноваційному розвитку будь-якої країни. Для сучасних вчених та фахівців, у якій би галузі вони не працювали, знання наносистем стає елементом загальної ерудиції та кваліфікації. Вивчення навчальної дисципліни «Основи фізичних методів досліджень» дозволить студентові 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 повинен отримати загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ К01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; ❖ К02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ❖ К04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; ❖ К05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; ❖ К08. Здатність вчитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузі, відмінній від професійної; 	

фахові компетентності:

- ❖ K13. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки / невизначеності у відповідності з моделями вимірювання.
- ❖ K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки.
- ❖ K21. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів в лабораторних умовах і на об'єктах.

Очікувані програмні результати навчання:

- ПР02. Знати і розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту;
- ПР03. Розуміти широкий міждисциплінарний контекст спеціальності, її місце в теорії пізнання і оцінювання об'єктів і явищ.
- ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач.
- ПР08. Вміти організовувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування.
- ПР09. Розуміти застосовувані методики та методи аналізу, проєктування і дослідження, а також обмежень їх використання.
- ПР12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів, в тому числі шляхом математичного моделювання.
- ПР14. Вміти організувати процедуру вимірювання, калібрування, випробувань при роботі в групі або окремо.

4. Мета навчальної дисципліни

Підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли основи фізичних методів досліджень; фундаментальні фізичні закономірності, які визначають властивості кристалічних і некристалічних твердих тіл і тонких плівок. Це дозволить майбутнім спеціалістам орієнтуватись та використовувати знання в різноманітних галузях техніки.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – знати основні методи фізичних досліджень властивостей твердого стану речовин, структуру та дефекти твердих тіл, явища тощо; 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 твердотільних матеріалів та використовувати фізичні моделі для рішення практичних задач.

6. Зміст навчальної дисципліни**Змістовий модуль 1. Структурні властивості кристалів**

Вступ. Основні етапи розвитку фізики конденсованого стану речовини. Зв'язок дисципліни з іншими розділами фізики. Сучасна інформація за матеріалами Internet з нанотехнологій і наноелектроніки. Особливості наномасштабних вимірювань.

Тема 1. Прилади нанотехнологій. Нестабільність, точність і невизначеність вимірювань. Принцип дії STM+AFM+Силового магнітного мікроскопу. Тунельний ефект. Нанолітографія. Виконання закону Мура в наноелектроніці (станом також на 2021 р.). Приклади розтину чипів (прилади, вимірювання та обробка даних).

Тема 2. Рентгенівські методи та структурні властивості кристалів. Експерименти по дифракції рентгенівських променів у монокристалах і полікристалах. Умова Вульфа-Брегга і метод Дебая – Шеррера. Кристалічна структура твердого тіла. Індекси Міллера. Елементарна комірка, основні вектори трансляції. Ґратки Браве. Базис. Обернена ґратка та її властивості.

Тема 3. Дефекти. Механізми виникнення вакансій (Шоттки) та міжвузлових атомів (Френкеля). Класифікація, термодинаміка і визначення коефіцієнту самодифузії точкових дефектів. Оригінальна аналітична теорія оцінки енергії утворення вакансії. Дилатометричний метод вимірювання концентрації точкових дефектів, а також енергії їх утворення. Радіаційні дефекти. Види дислокацій. Вектор Бюргерса.

Змістовий модуль 2. Енергетика твердого стану речовин та ефекти переносу

Тема 4. Методи вимірювань характеристик позитронів в конденсованих середовищах з дефектами (позитронна діагностика дефектів в кристалах). Джерела, сповільнювачі і пучки повільних позитронів. Методи позитронної анігіляційної спектроскопії: Метод кутового розподілу анігіляційних фотонів. Метод доплерівського уширення. Позитронна спектроскопія наноструктурних матеріалів. Позитронна анігіляція і швидкості захоплення. Робота виходу позитронів

Тема 5. Енергетичні зони електронів в твердих тілах і електропровідність. Схема енергетичних зон електронів в твердих тілах (роль тунельного ефекту). Характер заповнення енергетичних зон в діелектриках, напівпровідниках і металах. Ефективна маса електронів і дірок у напівпровідниках. Невироджений і вироджений напівпровідники. Рівень Фермі, концентрація електронів і дірок. Експериментальні дослідження електропровідності металів в залежності від температури. Електронний газ у металах. Класична теорія електропровідності Друде-Лоренца: розсіювання вільних електронів, довжина вільного пробігу і час релаксації. Недоліки класичної теорії. Принцип Паулі, розподіл Фермі – Дірака. Рівень Фермі електронів в металах Квантова теорія електропровідності Зоммерфельда.

Тема 6. Контактні явища в твердих тілах. Контакт метал – вакуум. Метод вакуумного сферичного конденсатора Лукірського і Прилежаєва для вивчення зовнішнього фотоефекту. Робота виходу електронів. Форма поверхневого бар'єра. Квантова теорія фотоефекту Ейнштейна. Контакт метал – напівпровідник (припущення Шотткі). Електронно-дірковий перехід. Вольт-амперна характеристика контакту. Вимірювання бар'єрів Шотткі.

Тема 7. Теплоємність і теплове розширення твердих тіл. Класичні експерименти з вимірювання температурної залежності теплоємності і теплового розширення твердих тіл. Класична теорія теплоємності і причини її обмеженості. Квантові теорії теплоємності за Ейнштейном і Дебаєм. Режим низьких і високих температур. Теорія теплового розширення твердих тіл у гармонічному та ангармонічному наближенні.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Огляд етапів розвитку нанотехнологій. Особливості наномасштабних вимірювань. Кристалічна структура твердих тіл Вивчення атома водню за спектрами його випромінювання	Лекція	2
		Практичне	2
		Лабораторна	2
2	Прилади нанотехнологій. Нестабільність, точність і невизначеність вимірювань. Закон Мура. Кристалічна структура твердих тіл	Лекція	2
		Практичне	2
3	Кристалічна структура твердих тіл Вивчення атома водню за спектрами його випромінювання	Лекція	2
		Практичне	2
		Лабораторна	2
4	Кристалічна структура твердих тіл	Лекція	2
		Практичне	2
5	Дефекти Кристалічна структура твердих тіл	Лекція	2
		Практичне	2
		Лабораторна	2
6	Дефекти	Лекція	2
		Практичне	2
7	Позитронна діагностика дефектів в кристалах Дефекти	Лекція	2
		Практичне	2
		Лабораторна	2
8	Енергетичні зони електронів в твердих тілах і електропровідність Квантова теорія фотоефекту	Лекція	2
		практичне	2
9	Енергетичні зони електронів в твердих	Лекція	2

	тілах і електропровідність Квантова теорія фотоефекту Вивчення статистики Максвелла – Больцмана	Практичне Лабораторна	2 2
10	Контактні явища в твердих тілах. Фотоефект	Лекція практичне	2 2
11	Фотоефект Фотоефект Магнітні властивості твердих тіл	Лекція Практичне Лабораторна	2 2 2
12	Теплові властивості твердого тіла	Лекція Практичне	2 2
13	Теплові властивості твердого тіла Дослідження теплових властивостей твердих тіл	Лекція Практичне Лабораторна	2 2 2
14	Теплові властивості твердого тіла Статистика електронів у твердому тілі	Лекція практичне	2 2
15	Контактні явища в твердих тілах. Статистика електронів у твердому тілі	Лекція практичне	2 2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кільк. годин	Контрольні заходи
1	Огляд етапів розвитку нанотехнологій. Особливості наномасштабних вимірювань. Кристалічна структура твердих тіл	Опрацювання літератури, підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Останні новини за матеріалами ПерсТ та Internet з фізики кластерів, металевих наноструктур, нанотехнологій, вуглецевих нанотрубок, фулеренів. Одноелектронні явища.
2	Прилади нанотехнологій. Нестабільність, точність і невизначеність вимірювань. Закон Мура. Кристалічна структура твердих тіл	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
3	Кристалічна структура твердих тіл	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
4	Кристалічна структура твердих тіл	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	2	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
5	Дефекти в кристалах	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
5	Дефекти в кристалах	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
6	Позитронна діагностика дефектів в кристалах	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Усне опитування на практичному занятті
7	Електронний газ у металах. Електропровідність	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	2	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
8	Електронний газ у металах. Електропровідність	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	2	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.

9	Контактні явища в твердих тілах. Фотоефект	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	5	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
10	Контактні явища в твердих тілах. Фотоефект	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	4	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
11	Теплові властивості твердого тіла	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	4	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
12	Теплові властивості твердого тіла	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	4	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
13	Теплові властивості твердого тіла	Підготовка до практичного заняття і виконання лабораторних робіт	4	Усне опитування на практичному занятті та лабораторній роботі.
14	Теплові властивості твердого тіла	Підготовка до практичного заняття	3	Усне опитування на практичному занятті
15	Контактні явища в твердих тілах. Вимірювання ВАХ одноелектронних приладів	Підготовка до практичного заняття	3	Усне опитування на практичному занятті

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (кожний тиждень та за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle:
<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1662> ;
- 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 змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому 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, FX, 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		
60-69	E	задовільно	
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 студентів, 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.

Для студентів денної форми навчання:

1. Курсом передбачені *практичні заняття і лабораторні роботи*.

1.1. Враховуючи активність студента на практичних заняттях та результати аудиторних контрольних робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 20 балів.

1.2. Якщо всі лабораторні роботи здані на оцінку „відмінно“, робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 15 балів.

2. За індивідуальне завдання, яке включає в себе *розв'язок та захист набору задач за варіантами*, студент може отримати в кожному модулі максимально 10 балів, за умови демонстрації високого рівня знань і вміння їх застосовувати для аналізу існуючих проблем фізики твердого тіла.

3. По закінченню першого і другого напівсеместру проводиться рубіжні контролю у вигляді *аудиторної контрольної роботи*. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 55 балів.

4. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю студенту формується підсумкова оцінка знань, яка оголошується до початку екзаменаційної сесії. Під час екзаменаційної сесії студенти, які незгодні з оцінкою за підсумками рубіжного контролю або отримали незадовільну оцінку, з'являються на *екзамен*.

Для студентів заочної форми навчання захист контрольної роботи, розв'язування задач, лабораторні роботи, усний або письмовий іспит.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумкова
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2					
ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	100
20	15	10	55	100	20	15	10	55	100	

ПЗ – практичні заняття; ЛР – лабораторні роботи; ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання; МК – модульна контрольна робота.

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 (сервіс Moodle)

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.

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 в Положенні про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка»

<https://zp.edu.ua/normativna-baza-navchalnogo-procesu>

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.