

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ
(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	<u>Сучасні методи дослідження матеріалів</u> Навчальна дисципліна вибіркової компоненти
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Сніжної Г.В., доцент, к. фіз.-мат. н., д. техн. н., завідувач кафедри мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача 0504860966, e-mail: snow@zr.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС розподіл годин: 14 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 2 години – індивідуальне науково-дослідне завдання, 60 годин самостійна робота, вид контролю – залік.
Консультації	Згідно з графіком консультацій
2.Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни: ОК 02 – «Вища математика», ОК 03 – «Фізика», ОК 05 – «Українська мова за професійним спрямуванням», ОК 09 – «Фізична хімія».	
Постреквізити Дисципліни: ОК 18 – «Методи та засоби вимірювань, випробувань та контролю», ВК – «Фізика твердого тіла»; «Основи магнітометрії конструкційних матеріалів».	
3.Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Сучасні методи дослідження матеріалів (СМДМ) – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі системні знання про матеріали мікро- і наноелектроніки із практичним застосуванням їх властивостей в компонентах і пристроях електроніки.</p> <p>Вивчення навчальної дисциплін «Сучасні методи дослідження матеріалів» дозволить студентові приймати обґрунтовані рішення на основі знання принципів побудови, властивостей, отримання та способів застосування матеріалів мікро- та наноелектроніки.</p> <p>Загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; - K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; - K05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; - K10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. - K06. Навички здійснення безпечної діяльності., - K07. Прагнення до збереження навколишнього середовища., - K08. Здатність вчитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузі, відмінній від професійної.. <p>Фахові компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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:

- ПР04. Вміти вибирати, виходячи з технічної задачі, стандартизований метод оцінювання та вимірювального контролю характерних властивостей продукції та параметрів технологічних процесів;
- ПР08. Вміти організовувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

опанування студентами основних проблем та напрямків розвитку сучасних методів дослідження матеріалів та застосування їх в таких суміжних науках, як хімія твердого тіла, фізика твердого тіла, матеріалознавство, фізика наноматеріалів і композитів, фізика поверхні, а також ознайомлення з фізичними принципами, явищами і законами, які є основою для створення сучасних методів досліджень.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – є освоєння сучасних теоретичних та експериментальних методів досліджень матеріалів з оцінюванням точності отриманих результатів; фізичної сутності процесів, які мають місце в провідникових, напівпровідникових, діелектричних і магнітних матеріалах; принципів підбору метода дослідження для визначення заданих параметрів матеріалів; основних характеристик сучасної електронної апаратури; взаємозв'язку між технологічними, функціональними і споживчими властивостями матеріалів і компонентів електроніки.

Практичні – опанувати методи дослідження матеріалів раціонально обирати і застосовувати методи вимірювань відповідних фізичних величин матеріалів електроніки при встановлених вимогах до точності та достовірності вимірювань; правильно вибирати матеріали для виготовлення елементів електроніки заданого призначення з врахуванням допустимих навантажень, впливу зовнішніх факторів, технологічності, вартості, тощо.

6. Зміст навчальної дисципліни**Модуль 1.****Змістовий модуль 1. Мікроскопія та рентгеноструктурний метод дослідження структури**

Тема 1. Оптична та електронна мікроскопія.

Оптична мікроскопія: вимірювання мікроскопічних об'єктів (неметалевих включень, величини зерен, глибини зміцненого шару). Виявлення на шліфі оксидів, сульфідів, силікатів, карбідів.

Електронна мікроскопія, типи мікроскопів (просвічуваючі, відбивні, емісійні, растрові). Оже-спектроскопія. Мьосбауерівська спектроскопія.

Тема 2. Рентгеноструктурний метод дослідження структури.

Дослідження рентгеноструктурним методом тонкої кристалічної структури металів і сплавів (дисперсності, блокової будови кристалів, щільності дислокацій, дефектів упаковки, деформації кристалічних ґраток).

Основні методи рентгеноструктурного аналізу нерухомого кристалу (метод Лауе), обертаючого кристалу, порошку полікристалів.

Модуль 2.**Змістовий модуль 2. Атомно-силова мікроскопія та лазерний метод дослідження матеріалів.**

Тема 3. Мікроскопія високої роздільної здатності.

Атомно-силова мікроскопія. Схема зондового сенсору атомного силового мікроскопу (АСМ). Розрахунок енергії взаємодії зонда та зразка. Схема оптичної реєстрації вигину консолі зондового сенсору. Зондові сенсори АСМ.

Контактна атомно-силова мікроскопія. Залежність сили від відстані зондового сенсору і зразку. Схема керування АСМ. Мікроскопія близького поля. Зонди мікроскопу ближнього поля (МБП) з оптичного волокна. Конфігурації МБП. Використання мікроскопії високої роздільної здатності для досліджень.

Тема 4. Лазерний метод дослідження матеріалів.

Генерація НВЧ електронними потоками. Довжина хвилі випромінювання. Випромінювання під час руху заряду за синусоїдальною траєкторією. Теорія лазера на вільних електронах (ЛВЕ). Класична теорія електронних лазерів. Квантове трактування проблеми. Самодовільне, вимушене та когерентне випромінювання.

Ондуляторний лазер на вільних електронах. Основні конструкційні елементи ЛВЕ. Шляхи оптимізації схеми ЛВЕ. Режими роботи і класифікація. Експериментальні дослідження ЛВЕ на однорідних ондуляторах. Рентгенівські лазери. Гамма лазери. Використання ЛВЕ. Проект Європейського лазера на вільних електронах XFEL.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Оптична мікроскопія: вимірювання мікроскопічних об'єктів (неметалевих включень, величини зерен, глибини зміцненого шару). Виявлення на шліфі оксидів, сульфідів, силікатів, карбідів.	лекція	2
2	Оптична мікроскопія.	лабораторна робота	2
3	Електронна мікроскопія, типи мікроскопів (просвічуючі, відбивні, емісійні, растрові). Оже-спектроскопія. Мьосбауерівська спектроскопія.	лекція	2
4	Оптична мікроскопія.	лабораторна робота	2
5	Дослідження рентгеноструктурним методом тонкої кристалічної структури металів і сплавів (дисперсності, блокової будови кристалів, щільності дислокацій, дефектів упаковки, деформації кристалічних ґраток).	лекція	2
6	Дослідження рентгеноструктурним методом дисперсності, блокової будови кристалів, щільності дислокацій, дефектів упаковки, деформації кристалічних ґраток.	лабораторна робота	2
7	Атомно-силова мікроскопія. Схема зондового сенсору атомного силового мікроскопу (АСМ). Розрахунок енергії взаємодії зонда та зразка. Схема оптичної реєстрації вигину консолі зондового сенсору. Зондові сенсори АСМ.	лекція	2
8	Рентгенівські методи: Лауе, обертаючого кристалу, порошку полікристалів.	лабораторна робота	2
9	Основні методи рентгеноструктурного аналізу нерухомого кристалу (метод Лауе), обертаючого кристалу, порошку полікристалів. Зонди мікроскопу ближнього поля (МБП) з оптичного волокна. Конфігурації МБП. Використання мікроскопії високої роздільної здатності для досліджень.	лекція	2
10	Схема зондового сенсору атомного силового мікроскопу.	лабораторна робота	2
11	Генерація НВЧ електронними потоками. Довжина хвилі випромінювання. Випромінювання під час руху заряду за синусоїдальною траєкторією. Теорія лазера на вільних електронах (ЛВЕ). Класична теорія електронних лазерів. Квантове трактування проблеми. Самодовільне, вимушене та когерентне випромінювання.	лекція	2
12	Схема керування атомного силового мікроскопу.	лабораторна робота	2
13	Ондуляторний лазер на вільних електронах. Основні конструкційні елементи ЛВЕ. Шляхи оптимізації схе-	лекція	2

	ми ЛВЕ. Режими роботи і класифікація. Експериментальні дослідження ЛВЕ на однорідних ондуляторах. Рентгенівські лазери. Гамма лазери. Використання ЛВЕ. Проект Європейського лазеру на вільних електронах XFEL.		
14	Класична теорія та квантове трактування проблеми електронних лазерів.	лабораторна робота	2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1	2	3	4	5
1, 2	Оптична та електронна мікроскопія.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	8	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
3, 4	Оптична та електронна мікроскопія.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	7	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
5, 6	Рентгеноструктурний метод дослідження структури.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
7, 8	Рентгеноструктурний метод дослідження структури.	Опрацювання конспекту лекцій, підготовка до лабораторних робіт.	7	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
9, 10	Мікроскопія високої роздільної здатності.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	4	Усне опитування на лекціях, реферат.
11, 12	Мікроскопія високої роздільної здатності.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	2	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
13,14	Лазерний метод дослідження матеріалів.	Опрацювання літератури, конспекту лекцій, підготовка до лабораторних робіт.	4	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
13,14	Лазерний метод дослідження матеріалів.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	4	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle: <https://moodle.zp.edu.ua/>;
- листування за допомогою електронної пошти snow@zp.edu.ua (у форматі 24/7);
- відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіо спілкування або смс у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача або за домовленістю);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача або за домовленістю у Viber та Telegram).

9. Система та критерії 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 та заліку.

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-трансферної системи (ECTS –A, B, C, 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 проєкту (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

Оцінка «відмінно» виставляється студентові за повне та відмінне виконання завдання без або з незначною помилкою. Оцінка «добре» - за правильне виконання завдання але з деякими помилками. Оцінка «задовільно» – за виконання завдання в достатньому обсязі зі значною кількістю недоліків або в мінімальному обсязі. Оцінка «незадовільно» виставляється студентові, який не виконав завдання або його обсяг недостатній та містить грубі помилки.

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 студентові, 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 змістовий модуль оцінюється за 100- бальною шкалою.

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

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 15 балів (3 лабораторні роботи по 15 балів = 45 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістового модуля – до 20 балів;
- рубіжний контроль – до 35 балів;

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

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 15 балів (3лабораторні роботи по 15 балів = 45 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістовного модуля – до 20 балів;
- рубіжний контроль – до 35 балів;

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за змістові модулі.

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумкова
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2					
ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	100
-	45	20	35	100	-	45	20	35	100	

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

- студент отримує два теоретичне питання, які потребують змістовної відповіді, кожне з них оцінюється від 0 до 30 балів;
 - 30-25 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його чітке визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.
 - 24-20 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття або поверхово проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
 - 19-10 балів отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
 - 9-0 балів отримують студенти, які частково і поверхово визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.
- Студент також отримує задачу, яка має продемонструвати його навички в практиці моделювання, яке оцінюється в 40 балів максимум.
 - 40-35 балів отримують студенти, які правильно зібрали схему для вимірювання, сформували завдання на аналіз та отримали адекватні результати;
 - 34-30 балів отримують студенти, які правильно зібрали схему для вимірювання, але отримали не точні результати;
 - 29-20 балів отримують студенти, які зробили суттєві помилки на етапі проектування, або отримали не точні результати симуляції;
 - 19-0 балів отримують студенти, які зробили суттєві помилки на етапі проектування та не отримали адекватних результатів симуляції.

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

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 лабораторних робіт студента оцінюється (до 45 балів всього);
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуальної роботи студента оцінюється до 20 балів;
- відповідь на два запитання (до 35 балів всього).

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надати 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 сформулювати 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