

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Кафедра**

мікро- та наноелектроніки  
(найменування кафедри)

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**КОНТРОЛЬ, ВИПРОБУВАННЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ**  
**НАНОІНДУСТРІЇ**  
(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.

м. Запоріжжя 2021

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	<b>Контроль, випробування та сертифікація продукції наноіндустрії</b> Навчальна дисципліна вибіркового компонента
<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший (бакалаврський) рівень
<b>Викладач</b>	Коротун А. В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри мікро- і наноелектроніки
<b>Контактна інформація викладача</b>	Робочий телефон: +380617698367, e-mail: <a href="mailto:andko@zp.edu.ua">andko@zp.edu.ua</a>
<b>Час і місце проведення навчальної дисципліни</b>	Згідно до розкладу занять.
<b>Обсяг дисципліни</b>	<b>Кількість годин</b> – загальний обсяг 120 годин <b>кредитів</b> – 4,0 кредити ЄКТС <b>розподіл годин:</b> 30 годин лекційних, 14 годин практичних, 14 годин лабораторних, 62 годин самостійна робота, <b>вид контролю</b> – іспит
<b>Консультації</b>	Згідно з графіком консультацій
<b>2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни</b>	
<b>Пререквізити Дисципліни:</b>	«Фізика», «Українська мова за професійним спрямуванням», «Фізична хімія».
<b>Постреквізити Дисципліна:</b>	«Механіка мікро- і наносистем».
<b>3. Характеристика навчальної дисципліни</b>	
<p>Продукція наноіндустрії належить до сфери інновацій, тут знаходять застосування останні досягнення науки і техніки. Розвиток наноіндустрії і поява нових видів продукції з принципово новими властивостями і характеристиками потребує і наявності фахівців нових професій, нові організаційні форми діяльності працівників.</p> <p>Для нанотехнологічної продукції характерна велика різноманітність видів, методів і засобів вимірювань. Тут з'являється низка нових специфічних задач, оскільки нанотехнології мають справу з елементами і структурами малих розмірів. При цьому важливо забезпечити необхідну точність, співставність і довіру до результатів вимірювань. Тому спеціалісти з метрології у наноіндустрії повинні орієнтуватися у загальних аспектах науки, а також знати нормативні документи у сфері наноіндустрії і суміжних галузях, властивості, параметри і характеристики продукції наноіндустрії, і, крім того, можливості сучасних методів і технічних засобів, що використовуються у сфері наноіндустрії.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати</p> <p><b>загальні компетентності:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях;</li> <li>➤ K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;</li> <li>➤ K05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел;</li> <li>➤ K10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;</li> </ul> <p><b>фахові компетентності:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ K13. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки / невизначеності у відповідності з моделями вимірювання;</li> <li>➤ K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки;</li> <li>➤ K18. Здатність виконувати технічні операції при випробуванні, повірці, калібруванні та</li> </ul>	

- інших операціях метрологічної діяльності;
- K19. Здатність до забезпечення метрологічного супроводу технологічних процесів та сертифікаційних випробувань;
  - K20. Здатність здійснювати технічні заходи із забезпечення метрологічної простежуваності, правильності, повторюваності та відтворюваності результатів вимірювань і випробувань за міжнародними стандартами;
  - K22. Здатність розробляти нормативну та методичну базу для забезпечення якості та технічного регулювання та розробляти науково-технічні засади систем управління якістю та сертифікаційних випробувань.

**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;
- ❖ ПР04. Вміти вибирати, виходячи з технічної задачі, стандартизований метод оцінювання та вимірювального контролю характерних властивостей продукції та параметрів технологічних процесів;
- ❖ ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації;
- ❖ ПР08. Вміти організовувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування;
- ❖ ПР10. Вміти встановлювати раціональну номенклатуру метрологічних характеристик засобів вимірювання для отримання результатів вимірювання з заданою точністю;
- ❖ ПР11. Знати стандарти з метрології, засобів вимірювальної техніки та метрологічного забезпечення якості продукції;
- ❖ 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;
- ❖ ПР18. Вільно володіти термінологічною базою спеціальності, розуміти науково-технічну документацію державної метрологічної системи України, міжнародні та міждержавні рекомендації та настанови за спеціальністю;
- ❖ ПР20. Вміти організовувати незалежний контроль відповідності продукції встановленим вимогам, здійснювати менеджмент (контролю якості) через відділи технічного контролю;
- ❖ ПР22. Спираючись на сучасний рівень національної стандартизації, вміти застосовувати результати метрологічної діяльності при сертифікації систем управління якістю та сертифікації продукції чи послуг.

**4. Мета вивчення навчальної дисципліни**

формування у студентів знань у галузі у галузі метрологічного забезпечення підприємств наноіндустрії і стандартизації у сфері нанотехнологій

**5. Завдання вивчення дисципліни**

формування у студентів достатніх знань для здійснення метрологічного забезпечення підприємств наноіндустрії, що дозволяють використовувати сучасні вимірювальні технології і направлених на отримання вимірювальної інформації потрібної якості.

**6. Зміст навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1. Загальні питання випробувань, стандартизації та сертифікації у сфері нанотехнологій.**

**Вступ.**

Випробування, стандартизація та сертифікація.

### **Тема 1. Забезпечення єдності вимірювань.**

Єдність вимірювань та їх метрологічне забезпечення. Сучасний стан забезпечення єдності вимірювань в Україні

### **Тема 2. Розвиток нанотехнологічних досліджень в Україні та світі.**

Основні тенденції розвитку нанотехнологій у світі.

Напрямки розвитку нанотехнологій і наноіндустрії в Україні.

### **Тема 3. Дослідження зі створення нанотехнологій і наноматеріалів для промисловості в Україні та світі.**

Аналіз досліджень зі створення нанотехнологій і наноматеріалів для промисловості України.

Програма «Нанотехнології в Україні» НАН України

### **Тема 4. Наноструктуровані матеріали.**

Класифікація наноструктур. Магнітні наноструктури. Двовимірні багат шарові структури з плівок нанометрової товщини.

Молекулярні наноструктури. Фулерени та нанотрубки. Конструкційні наноматеріали. Метаматеріали.

### **Тема 5. Метрологічне забезпечення і стандартизація в наноіндустрії.**

Аналітичний огляд стану метрологічного забезпечення і стандартизації в області нанотехнологій.

Загальні принципи кодексу ЄС з відповідального проведення досліджень у сфері нанонауки і нанотехнологій. Класифікація стандартів у сфері нанотехнологій та їх розподіл за основними організаціями.

Основні світові виробники нанотехнологічної продукції та організації, що забезпечують нормативно-технічну підтримку.

Місце України у сфері стандартизації та сертифікації нанотехнологій.

### **Тема 6. Методи і засоби вимірювань у сфері нанотехнологій.**

Методи досліджень і вивчення властивостей наносистем.

Методики і засоби вимірювань лінійних розмірів у нанометровому діапазоні. Оптична мікроскопія. Конфокальна скануюча мікроскопія. Скануюча мікроскопія ближнього поля. Лазерна дифрактометрія. Растрова електронна мікроскопія. Скануюча тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Лазерна інтерферометрія.

Метрологічне забезпечення геометричних параметрів нанооб'єктів.

### **Тема 7. Оптико-спектральні методи характеристики наночастинок.**

Характеризація наночастинок. Спектрофотометрія УФ- та видимого діапазону.

Динамічне розсіювання світла. Флуоресцентна спектроскопія. Спектроскопія комбінаційного (раманівського) розсіювання.

Методи, що ґрунтуються на кутовій залежності розсіяного випромінювання.

Метрологія оптико-спектральних вимірювань параметрів наночастинок.

**Змістовий модуль 2. Прикладні питання метрологічного забезпечення у сфері нанотехнологій.**

**Тема 8. Метрологічне забезпечення оптичних характеристик випромінювачів на основі напівпровідникових багатошарових нанорозмірних гетероструктур.**

Світлодіоди.

Основні фотометричні та радіометричні величини.

Метрологічні потреби в області вимірювання характеристик світлодіодів нового покоління. Вимірювання середньої сили світла. Вимірювання світлово-го потоку. Спектральні вимірювання. Визначення колориметричних характеристик.

**Тема 9. Метрологічне забезпечення характеристик сонячних батарей на основі нанотехнологій.**

Фотоелектрична характеристика еталонних сонячних елементів нового покоління.

Фотоелектричні методи перетворення світлової енергії. Ефективність сонячних фотоелементів.

Принципи роботи наноструктурованих органічних фотоелементів.

Типи органічних і гібридних наноструктурованих елементів.

Калібрування еталонних сонячних комірок.

Структурна схема еталонного метрологічного комплексу для калібрування еталонних сонячних елементів.

**Тема 10. Метрологічне забезпечення параметрів рельєфу і шорсткості поверхні у нанометровому діапазоні методами інтерферометрії високого розрізнення.**

Кількісні та якісні оцінки геометричних параметрів рельєфу і шорсткості поверхні у нанометровому діапазоні.

Методи профілометрії.

Інтерферометрія.

**Тема 11. Метрологічне забезпечення нанотехнологій адресної доставки ліків.**

Метод оцінки розмірів наночастинок у рідких середовищах при атомно-абсорбційному аналізі елементного складу.

Методики вимірювань параметрів наночастинок у пробах біологічного походження.

Дослідження проникнення наночастинок крізь біологічні бар'єри.

**7. План вивчення навчальної дисципліни**

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Випробування, стандартизація та сертифікація. Тема 1. Забезпечення єдності вимірювань	Лекція	2
1	Забезпечення єдності вимірювань	Практичне заняття	2
2	Тема 2. Розвиток нанотехнологічних досліджень в Україні та світі	Лекція	2
2	Засоби візуально-оптичного контролю	Лабораторна робота	2
3	Тема 3. Дослідження зі створення нанотехнологій і наноматеріалів для промисловості в Україні та світі	Лекція	2
3	Програма «Нанотехнології в Україні» НАН України	Практичне заняття	2

4	Тема 4. Наноструктуровані матеріали	Лекція	2
4	Визначення розміру частинок дисперсних систем методом спектру мутності	Лабораторна робота	2
5	Тема 4. Наноструктуровані матеріали	Лекція	2
5	Наноструктуровані матеріали	Практичне заняття	2
6	Тема 5. Метрологічне забезпечення і стандартизація в наноіндустрії.	Лекція	2
6	Седиментаційний аналіз дисперсності	Лабораторна робота	2
7	Тема 6. Методи і засоби вимірювань у сфері нанотехнологій.	Лекція	2
7	<i>Модульний контроль I</i>	Практичне заняття	2
8	Тема 6. Методи і засоби вимірювань у сфері нанотехнологій.	Лекція	2
8	Визначення електрокінетичного потенціалу	Лабораторна робота	2
9	Тема 7. Оптико-спектральні методи характеристики наночастинок	Лекція	2
9	Методи і засоби вимірювань у сфері нанотехнологій.	Практичне заняття	2
10	Тема 8. Метрологічне забезпечення оптичних характеристик випромінювачів на основі напівпровідникових багатошарових нанорозмірних гетероструктур.	Лекція	2
10	Дослідження рельєфу і шорсткості поверхні методами інтерферометрії	Лабораторна робота	2
11	Тема 9. Метрологічне забезпечення характеристик сонячних батарей на основі нанотехнологій	Лекція	2
11	Оптико-спектральні методи характеристики наночастинок	Практичне заняття	2
12	Тема 10. Метрологічне забезпечення параметрів рельєфу і шорсткості поверхні у нанометровому діапазоні методами інтерферометрії високого розрізнення	Лекція	2
12	Дослідження рельєфу і шорсткості поверхні методами інтерферометрії	Лабораторна робота	2
13	Тема 10. Метрологічне забезпечення параметрів рельєфу і шорсткості поверхні у нанометровому діапазоні методами інтерферометрії високого розрізнення	Лекція	2
13	<i>Модульний контроль II</i>	Практичне заняття	2
14	Тема 11. Метрологічне забезпечення нанотехнологій адресної доставки ліків	Лекція	2
14	Іспит	тестування	2

### 8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1, 2	Вступ. Випробування, стандартизація та сертифікація. Забезпечення єдності вимірювань	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
3, 4	Розвиток нанотехнологічних досліджень в Україні та світі. Дослідження зі створення нанотехнологій і наноматеріалів для промисловості в Україні та світі	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
4, 5	Наноструктуровані матеріали	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.

5, 6	Метрологічне забезпечення і стандартизація в наноіндустрії.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	7	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
6, 7	Методи і засоби вимірювань у сфері нанотехнологій.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	7	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
7, 8	Оптико-спектральні методи характеристикації наночастинок	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
8, 9	Метрологічне забезпечення оптичних характеристик випромінювачів на основі напівпровідникових багаточастотних нанорозмірних гетероструктур	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
9,10	Метрологічне забезпечення характеристик сонячних батарей на основі нанотехнологій.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
11, 12	Метрологічне забезпечення параметрів рельєфу і шорсткості поверхні у нанометровому діапазоні методами інтерферометрії високого розрізнення.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
13, 14	Метрологічне забезпечення нанотехнологій адресної доставки ліків.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, практичних 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;
- листування за допомогою електронної пошти [andko@zp.edu.ua](mailto:andko@zp.edu.ua);
- відеозустріч в системі ZoomMeeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

## 9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінювання навчальних успіхів студентів реалізується шляхом проведення поточного та підсумкового контролю успішності.

1. Курсом передбачені *практичні заняття*. Враховуючи активність студента на практичних заняттях та результати аудиторних контрольних робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 25 балів.

2. За індивідуальне завдання, яке включає в себе *розв'язок та захист набору задач за варіантами*, студент може отримати в кожному модулі максимально 15 балів, за умови демонстрації високого рівня знань, а також творчої, розумової, нерепродуктивної діяльності під час застосування теоретичних знань на практиці.

3. По закінченню першого і другого напівсеместру проводиться рубіжні контролю у вигляді *аудиторної модульної контрольної роботи*. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 60 балів.

4. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю студенту формується підсумкова оцінка знань, яка оголошується до початку екзаменаційної сесії. Під час екзаменацій-

ної 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, усний або письмовий іспит.

### Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумкова
Модуль №1				Модуль № 2					
ПЗ	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ІДЗ	РГЗ	МК	Σ	
25	15	60	100	15	10	15	60	100	100

ПЗ – практичні заняття; ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання; РГЗ – розрахунково-графічне завдання; МК – модульна контрольна робота.

Отже, сумарна кількість балів, яку отримує студент впродовж семестру, складає 100. В залежності від отриманої суми балів до залікової відомості та в залікову книжку виставляється оцінка згідно національної шкали.

### 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	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85 – 89	<b>B</b>	добре	
75 – 84	<b>C</b>		
70 – 74	<b>D</b>	задовільно	
60 – 69	<b>E</b>		
35 – 59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 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 сформуванати 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.