

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

**Кафедра**

мікро- та наноелектроніки  
(найменування кафедри)

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ЕЛЕМЕНТИ ТА ПРИЛАДИ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ**  
(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>Елементи та прилади наноелектроніки</b> Навчальна дисципліна вибіркової компоненти
<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 дистанційне навчання – <a href="https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=2475">https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=2475</a>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<b>Кількість годин</b> – загальний обсяг 180 годин <b>кредитів</b> – 6 кредитів ЄКТС <b>розподіл годин:</b> 42 годин лекційних, 30 годин практичних, 93 годин самостійна робота, 15 годин індивідуальна робота, <b>вид контролю</b> – іспит
<b>Консультації</b>	Згідно з графіком консультацій
<b>2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни</b>	
<p><b>Пререквізити</b> <b>Дисципліни:</b> «Фізична хімія», «Теорія електричних і електронних кіл», «Елементи та компоненти електронних систем», «Фізика твердого тіла», «Наноматеріали та методи їх формування».</p> <p><b>Постреквізити</b> <b>Дисципліни:</b> «Проектування вимірювальних систем».</p>	
<b>3. Характеристика навчальної дисципліни</b>	
<p>Елементи та прилади наноелектроніки – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі вивчення принципово нових фундаментальних наукових проблем і фізичних явищ для практичного застосування при побудові надсучасних приладів і пристроїв.</p> <p>Вивчення навчальної дисципліни «Елементи та прилади наноелектроніки» ознайомить студента з перспективами створення на основі вже відкритих фізичних явищ нових квантових пристроїв із широкими функціональними можливостями для оптоелектроніки, вимірювальної техніки та інформаційних технологій нового покоління, засобів зв'язку тощо.</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>• K08. Здатність вчитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузі, відмінній від професійної;</li> </ul> <p><b>фахові компетентності:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи.</li> <li>• K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки.</li> </ul>	

- К16. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань.
- К17. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при конструюванні модулів, деталей та вузлів засобів вимірювальної техніки та їх обчислювальних компонентів і модулів.

#### **Очікувані програмні результати навчання:**

- ПР01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки;
- 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.
- ПР09. Розуміти застосовувані методики та методи аналізу, проектування 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.
- ПР13. Знати та вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

#### **4. Мета вивчення навчальної дисципліни**

вивчення принципів роботи сучасних наноприладів, фізичних і математичних моделей, що дозволяють описувати наявні і прогнозувати можливі фізичні явища у наноелектроніці.

#### **5. Завдання вивчення дисципліни**

є надбання студентами навичок 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, пов'язаних із професійною діяльністю.

#### **6. Зміст навчальної дисципліни**

##### ***Змістовий модуль 1. Фізичні принципи роботи приладів і пристроїв наноелектроніки***

##### **Вступ.**

Теоретичні і технологічні проблеми скейлінга. Класифікація приладів наноелектроніки.

##### **Тема 1. Нанотранзистори.**

Кремнієві транзистори з ізольованим затвором. КНІ-транзистори. Транзистори на структурах SiGe. Багатозатворні транзистори.

Гетеротранзистори. Гетероструктурний транзистор на квантових точках. Біполярні нанотранзистори

Нанотранзистори на основі вуглецевих нанотрубок. Нанотранзистори на основі графена.

Спіновий нанотранзистор. Наноелектромеханічний транзистор.

Успіхи і перспективи створення сучасних транзисторів.

##### **Тема 2. Резонансно-тунельні прилади.**

Двохбар'єрні квантові системи. Резонансно-тунельні діоди.

Резонансно-тунельні транзистори.

Польові транзистори з резонансним тунелюванням.

Логічні елементи на резонансно-тунельних приладах.

##### **Тема 3. Основи одноелектроніки.**

Одноелектронні явища. Одноелектронні коливання.

Кулонівські сходи та одноелектронний транзистор. Вплив розмірних ефектів на одноелектронний транспорт.

Приладні структури одноелектроніки. Класифікаційний аналіз. Одноелектронні транзисторні структури.

Пристрої на одноелектронних транзисторах.

**Тема 4. Спінтроніка.**

Фізичні основи спінтроніки. Хвильові явища в магнітовпорядкованих середовищах. Прилади на магнітостатичних хвилях.

Спіновий транзистор Джонсона. Спін-польові транзистори.

**Змістовий модуль 2. Матеріали, прилади і пристрої сучасної наноелектроніки.****Тема 5. Молеетроніка.**

Молекулярний підхід у наноелектроніці.

Молекулярні транзистори та елементи логіки.

Молекулярна пам'ять.

**Тема 6. Прилади політроніки.**

Органічні транзистори. Органічні світловипромінюючі діоди.

Нанопровідники. Обчислювачі на основі ДНК.

Еластична електроніка.

**Тема 7. Нанофотоніка.**

Структури зі зниженою розмірністю. Пристрої на фотонних кристалах.

Фотонні транзистори. Лазерні наноструктури. Волоконні лазери.

**Тема 8. Нанолазмоніка.**

Кванти плазми твердих тіл. Спазер – лазер на плазмонах.

Однофотонний транзистор.

Інтегральні схеми на плазмонах.

**Тема 9. Мемристорна електроніка.**

Мемристор та його властивості. Кросбар-архітектура.

Наноелектронні пристрої пам'яті.

**Змістовий модуль 3. Перспективні напрямки застосування наноелектронних приладів і пристроїв.****Тема 10. Основи криптографії.**

Загальні відомості про квантові комп'ютери. Базові елементи напівпровідникового кремнієвого квантового комп'ютера на основі ядерного магнітного резонансу.

Базові елементи для квантових комп'ютерів на квантових точках. Логічні елементи квантових комп'ютерів на надпровідниках

**Тема 11. Штучні нейронні мережі.**

Нейрони. Штучний нейрон. Класифікація нейронів.

Передаточна функція нейрона. Відомі застосування нейронних мереж.

Розпізнавання образів та класифікація. Навчання мережі.

**7. План вивчення навчальної дисципліни**

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ.	Лекція	2
1	Тема 1. Нанотранзистори.	Лекція	2
1	Нанотранзистори.	Практичне заняття	2
2	Тема 1. Нанотранзистори.	Лекція	2
2	Нанотранзистори.	Практичне заняття	2
3	Тема 2. Резонансно-тунельні прилади.	Лекція	2
3	Резонансно-тунельні прилади.	Практичне заняття	2
3	Тема 2. Резонансно-тунельні прилади.	Лекція	2
4	Тема 3. Основи одноелектроніки.	Лекція	2
4	Основи одноелектроніки.	Практичне заняття	2
5	Тема 3. Основи одноелектроніки.	Лекція	2

5	Основи одноелектроніки.	Практичне заняття	2
5	Тема 4. Спінтроніка.	Лекція	2
6	Тема 4. Спінтроніка.	Лекція	2
6	Спінтроніка.	Практичне заняття	2
7	Тема 5. Молектроніка.	Лекція	2
7	Молектроніка.	Практичне заняття	2
7	Тема 5. Молектроніка. <i>Модульний контроль I</i>	Лекція	2
8	Тема 6. Прилади політроніки.	Лекція	2
8	Прилади політроніки.	Практичне заняття	2
9	Тема 6. Прилади політроніки.	Лекція	2
9	Прилади політроніки.	Практичне заняття	2
9	Тема 7. Нанофотоніка.	Лекція	2
10	Тема 7. Нанофотоніка.	Лекція	2
10	Нанофотоніка.	Практичне заняття	2
11	Тема 8. Наноплазмоніка.	Лекція	2
11	Наноплазмоніка.	Практичне заняття	2
11	Тема 8. Наноплазмоніка.	Лекція	2
12	Тема 9. Мемристорна електроніка.	Лекція	2
12	Мемристорна електроніка.	Практичне заняття	2
13	Тема 9. Мемристорна електроніка.	Лекція	2
13	Мемристорна електроніка.	Практичне заняття	2
13	Тема 10. Основи криптографії.	Лекція	2
14	Тема 11. Штучні нейронні мережі.	Лекція	2
14	Основи криптографії. <i>Модульний контроль II</i>	Практичне заняття	2
15	Іспит	Тестування	2

### 8. Самостійна робота

№ тиж-ня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1, 2	Вступ	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	5	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
3, 4	Нанотранзистори	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
4, 5	Резонансно-тунельні прилади	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
5, 6	Основи одноелектроніки	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
6, 7	Спінтроніка.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
7, 8	Молектроніка.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять,	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.

		індивідуальна робота.		
8, 9	Прилади політроніки.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
9, 10	Нанофотоніка.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
10, 11	Наноплазмоніка.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
11, 12	Мемристорна електроніка.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
12, 13	Основи криптографії.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
13, 14	Штучні нейронні мережі	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	8	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);
- 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 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, 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 погоджу-

ються.

**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.