

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
Навчально-науковий інститут високих технологій

Кафедра нанofізики та наноелектроніки



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник директора  
з науково-педагогічної роботи  
Галина ГРАБЧУК  
«22» березня 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Нано- та мікроелектроніка  
для студентів**

галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>102 Хімія</b>
рівень вищої освіти	<b>перший освітній (бакалаврський)</b>
освітня програма	<b>Хімія (високі технології)</b>
вид дисципліни	<b>вибіркова</b>

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2022/2023  
Семестр 5  
Кількість кредитів ECTS 4  
Мова викладання українська  
Форма заключного контролю іспит

**Викладач:** Прокопенко Олександр Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри нанofізики та наноелектроніки; Будник Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри нанofізики та наноелектроніки


Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КИЇВ-2022

**Розробники:** Прокопенко Олександр Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри нанофізики та наноелектроніки; Будник Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри нанофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

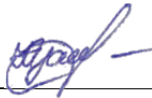
Завідувач кафедри  
нанофізики та наноелектроніки

  
\_\_\_\_\_ Олександр ПРОКОПЕНКО

Протокол № 10 від « 07 » червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол № 4 від «13» травня 2022 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_  (Наталя РУСІНЧУК)

## **Робоча програма навчальної дисципліни Нано- та мікроелектроніка (3 курс, 5 семестр)**

Кредити	4
Лекції	24 год.
Лабораторні	24 год.
Колоквіум	1
Форма заключного контролю іспит	

Навчальна дисципліна «Нано- та мікроелектроніка» є складовою програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 102 Хімія.

Дана дисципліна входить до Вибіркового блоку 2 «Нанотехнології та наноматеріали» вибіркового компоненту ОП.

Викладається у 5 семестрі (3 року навчання) в обсязі 120 год. (4 кредити ECTS), у т.ч.: лекції – 24 год., лабораторні – 24 год., самостійна робота – 72 год. Дисципліна завершується іспитом.

**1. Мета дисципліни:** розглянути нові концепції побудови сучасної електронної елементної бази, зокрема, такі нові напрями в сучасній наноелектроніці, як молекулярна електроніка, одноелектроніка, спітроніка, магнетоніка, органічна наноелектроніка тощо, отримати навички застосування набутих знань для розв'язку практичних задач сучасної мікро- та наноелектроніки та аналізу роботи сучасних мікроелектронних та наноелектронних елементів.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна «Нано- та мікроелектроніка» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки фізичного спрямування, зокрема таких як «Вища математика», «Вибрані розділи математичної фізики», «Фізика», «Фізична хімія», «Кристалохімія».

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

У курсі вивчаються питання про сучасний рівень науково-технічних досягнень у галузі мікро- та наноелектроніки на основі напівпровідників, феромагнетиків, графену, вуглецевих нанотрубок, молекулярної електроніки, спітроніки, одноелектроніки, принципів роботи та побудови базових елементів. Лабораторні заняття дозволяють студенту навчитись використовувати основні теоретичні положення з курсу для вирішення теоретичних та практичних задач.

### **4. Завдання (навчальні цілі):**

Сформувати у студентів такі навички і компетентності:

*ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.*

*ЗК02. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.*

*ЗК07. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).*

*ЗК10. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел*

*ЗК11. Здатність бути критичним і самокритичним.*

*ФК01. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.*

ФК03. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

ФК05. Здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних.

ФК08. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

ФК16. Здатність провести експрес-тести на прояв біологічної активності.

ФК19. Здатність провести ідентифікацію будови нових синтезованих нанорозмірних матеріалів.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
<b>1</b>	студент повинен <b>знати</b> :		колоквіум, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	
1.1	Основні явища, що використовуються в мікроелектроніці	лекційні заняття, самостійна робота		11
1.2	Основні типи фізичних ефектів, що обмежують подальший розвиток сучасної електроніки	лекційні заняття, самостійна робота		11
1.3	Основні характеристики напівпровідникових матеріалів та методи їх використання	лекційні заняття, самостійна робота		11
1.4	Основні властивості діелектричних та органічних матеріалів та методи їх використання	лекційні заняття, самостійна робота		11
1.5	Основні властивості магнетиків та методи їх використання	лекційні заняття, самостійна робота		11
<b>2</b>	студент повинен <b>вміти</b> :		колоквіум, допуск до лабораторних робіт, захист звітів з лабораторних робіт	
2.1	Оцінювати швидкості напорошення, осадження плівок	лекційні заняття, лабораторні заняття, самостійна робота		15
2.2	Визначати характеристики одноелектронних елементів	лекційні заняття, лабораторні заняття, самостійна робота		15
2.3	Визначати характеристики пристроїв на основі напівпровідникових елементів	лекційні заняття, лабораторні заняття, самостійна робота		15

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін, які не входять до блоків спеціалізацій)**

<b>Результати навчання дисципліни (код)</b>	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>								
<b>знання</b>								
ПРН29. Розуміти взаємозв'язок хімічних та фізичних властивостей речовин.	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН30. Прогнозувати застосування речовин/методів/ підходів/рішень у сучасних нанотехнологіях.		+	+	+	+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Форми оцінювання студентів:** рівень досягнення запланованих результатів навчання визначається за результатами колоквиуму з урахуванням усних відповідей студентів, результатами виконання лабораторних робіт та захисту звітів з лабораторних робіт. Вплив результатів навчання на підсумкову оцінку:

результати навчання 1.1 – 1.5 [знання] до 55 %;

результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 45%;

- **Оцінювання самостійної роботи за період самостійного навчання:** колоквиум, що зокрема включає в себе матеріал за темами, винесеними на самостійне опрацювання (див. нижче розділ «Самостійна робота студентів»). Максимальна кількість балів – 30.
- **Семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр складається з одного тематичного блоку, до якого входять теми 1-6 (лекції 1-12) та трьох лабораторних робіт. Проводиться колоквиум, що полягає у відповіді на теоретичні питання, що розглядалися на лекціях. Також за результатами виконання лабораторних робіт та підготовленими звітами відбувається оцінювання отриманих результатів. Максимальна кількість балів за колоквиум та здачу звітів з лабораторних – 60.  
Максимальна кількість балів за колоквиум – 30.  
Максимальна кількість балів за лабораторні роботи – 30.
- **Умови допуску до іспиту:** студент має набрати не менше, ніж 60% від максимальної кількості балів за кожну форму контролю. У цьому випадку сумарний бал складе не менше, ніж 36 балів.

До підсумкової оцінки студент може отримати додаткові бали:

- за статтю в науковому журналі – до 10 балів;
- за доповідь на науковій всеукраїнській або міжнародній конференції – до 10 балів;
- за участь в постановці нових або модернізацію існуючих лабораторних робіт (спряження із комп'ютером, написання комп'ютерної програми, тощо), а також у підготовці до публікації навчально-методичної літератури – до 10 балів;
- за активну участь у науково-дослідній роботі за науковою тематикою інституту.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі колоквиуму та лабораторних занять здійснюються у відповідності до «Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу» від 1 жовтня 2010 року.

**7.2. Організація оцінювання** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтованого графіку оцінювання):

*Оцінювання за формами контролю:*

	Максимальна кількість балів	Мінімальна кількість балів, необхідна для складання іспиту
Колоквиум	30	18
Лабораторні роботи	30	18
Іспит	40	24
<b>Всього:</b>	<b>100</b>	<b>60</b>

*Орієнтований графік оцінювання:*

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання</i>
Колоквіум	листопад
Лабораторні роботи	протягом семестру
Добір балів/доскладання колоквіуму та/або доскладання звітів з лабораторних робіт	протягом семестру
Іспит	грудень

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ лекції	Назва теми	Лекції, год	Лабораторні, год	СРС, год.
1	Квантові властивості матерії.	2	–	6
2	Елементи зонної теорії твердих тіл.	2	8	20
3–4	Одноелектроніка.	4	–	6
5–8	Кремнієва мікро- та наноелектроніка.	8	16	28
9–10	Магнітна наноелектроніка.	4	–	6
11–12	Молекулярна та органічна наноелектроніка.	4	–	6
	<b>Колоквіум</b>			
	<b>Всього</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>72</b>

### ПРИКЛАДИ КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ

- 1) Нові концепції побудови елементної бази мікро- та наноелектроніки.
- 2) З чого складається одноелектронний транзистор?
- 3) Актуальність кремнієвої елементної бази на «наноелектронному» етапі розвитку.
- 4) Будова та принцип роботи магніторезистивної пам'яті.
- 5) Критерії побудови субмініатюрної довготривалої та оперативної пам'яті на молекулах.
- 6) Які властивості молекул можуть бути використані для побудови на них пристроїв молекулярної пам'яті?
- 7) Як функціонує потенціальна логіка на молекулах?
- 8) Чи можете ви навести приклад молекулярної пам'яті, яка ґрунтується на використанні оборотної перебудови просторової конфігурації молекул?
- 9) Що таке «НОМО» та «LUMO»? Що таке «донорні» та «акцепторні» групи в електропровідних молекулах?

### САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Постійними завданнями для самостійної роботи є:

- робота над лекційним матеріалом з конспектом;
- підготовка до лабораторних занять;

- підготовка до колоквіуму;
- опрацювання частини лекційного матеріалу, винесеного на самостійне вивчення.

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Будник М.М., Войтович І.Д., Коваленко А.В., Корсунський В.М., Курашов В.Н., Прокопенко О.В. / Сучасна радіофізика та електроніка: електронний навчальний посібник. – Київ: ФРЕКС КНУ ім. Т. Шевченка, 2015. – 402 с. URL: [nano.knu.ua/sampleddata/books/mre\\_book.pdf](http://nano.knu.ua/sampleddata/books/mre_book.pdf).
2. Будник М.М., Войтович І.Д., Коваленко А.В., Корсунський В.М., Курашов В.Н., Прокопенко О.В. / Прикладна фізика та електроніка: підручник / Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2020.
3. Зайчук Д.М. Нанотехнології і наноструктури. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки. – 2009. – 580 с.
4. Павлов С.М. Основи мікроелектроніки: Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ. – 2010. – 224 с.
5. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Ільченко В.І., Якименко Ю.І. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності. – К.: НТУУ «КПІ». – 2010. – 147 с.