



# Фізико - технологічні основи наноелектроніки-2.

## Технологічні основи наноелектроніки

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування <sup>1</sup>
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Мікро- та наноелектроніка
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/ дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	IV курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4,5 кредита ЕКТС/135 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/інд. завдання/модульна контрольна робота
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська/Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: проф. каф. МЕ, к.т.н., доц. Орлов Анатолій Тимофійович, <a href="mailto:a.orlov@kpi.ua">a.orlov@kpi.ua</a> , моб. тел. 0679825255 Практичні: проф. каф. МЕ, к.т.н., доц. Орлов Анатолій Тимофійович, <a href="mailto:a.orlov@kpi.ua">a.orlov@kpi.ua</a> , моб. тел. 0679825255
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/u/1/c/MTUyNzE1MTgyNTI0">https://classroom.google.com/u/1/c/MTUyNzE1MTgyNTI0</a>

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Термін «наноелектроніка» пов'язаний з терміном «мікроелектроніка» і відображає перехід сучасної напівпровідникової електроніки від елементів з характерним розміром у субмікронній області до нанорозмірних. В роботі елементів таких розмірів починають переважати квантові ефекти. Крім того створення нових приладів електроніки також пов'язано з новими фізичними принципами і ефектами та використовує як модифіковані технологічні процеси мікроелектроніки, так і нові, виникнення яких зобов'язано появі наноелектроніки та нанотехнологій в цілому. Тому вивчення технологічних основ створення структур і приладів наноелектроніки є важливою частиною професійної підготовки бакалаврів мікро- та наносистемної техніки. Дисципліна вивчається бакалаврами освітньо-професійної програми підготовки за спеціальністю 153- мікро- та наносистемна техніка.

**Метою** навчальної дисципліни «Фізико - технологічні основи наноелектроніки-2» (далі ФТОН-2) є надання студентам базових знань з фізико-технологічних методів створення, дослідження та принципів використання наноматеріалів, наноструктур і приладів наноелектроніки і наносистемної техніки.

**Предметом** вивчення дисципліни ФТОН-2 є технологічні процеси отримання наноматеріалів, наноструктур та приладів наноелектроніки і наносистемної техніки, а також методи дослідження наноб'єктів.

<sup>1</sup> В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.  
Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

## **Програмні результати навчання**

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

### **знання:**

фізичних закономірностей і фізичних явищ, що визначають реалізацію всіх основних типів наноб'єктів, нанотехнологічні методи створення наноструктур; основних фізичних принципів і моделей квантово-розмірних структур, основних об'єктів нанотехнології і ефектів які в них виникають, сучасні наукові основи нанотехнології, на яких базується молекулярно-променева і газофазна епітаксія, самозбирання наноструктур, формування нанопоруватих сіліцію та оксидів, вуглецевих нанотрубок, реалізація всіх типів наноб'єктів; методів, які використовують скануючі зонди: скануючий тунельний, атомний силовий мікроскопи, атомну інженерію.

### **уміння:**

практично моделювати та розраховувати нанорозмірні структури, прилади та процеси наноелектроніки; розробляти нові прилади та пристрої нанотехнологій для електроніки.

### **досвід:**

практичного використання методів розрахунку, моделювання, створення наноструктур і наноприладів з використанням сучасних засобів та технологій.

### **Загальні компетентності:**

ЗК - 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК - 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК - 5 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК - 6 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК - 7 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК - 10 Навички здійснення безпечної діяльності.

### **Фахові компетентності (ФК)**

ФК - 1 Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.

ФК - 4 Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язання професійних задач в галузі мікро- та наносистемної техніки.

ФК - 5 Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.

ФК - 8 Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів мікро- та наносистемної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем.

ФК - 10 Здатність розуміти та застосовувати технологічні принципи виробництва, випробування, експлуатації та ремонту мікро- та наносистемної техніки та біомедичного обладнання.

ФК - 12 Здатність використовувати знання про особливості термодинаміки, кінетики хімічних перетворень, структурних аспектах, особливостях синтезу та основних закономірностях створення функціональних неорганічних матеріалів з заданими властивостями.

## **Програмні результати навчання**

ПРН - 1 Застосовувати знання принципів дії пристроїв і систем мікро- та наносистемної техніки при їхньому проектуванні та експлуатації.

ПРН - 3 Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

ПРН - 4 Оцінювати характеристики та параметри матеріалів пристроїв мікро- та наносистемної техніки, знати та розуміти основи твердотільної та оптичної електроніки, наноелектроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, мікропроцесорної техніки.

ПРН - 8 Будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень.

ПРН - 16 Застосовувати знання структурних особливостей, природи хімічного зв'язку та електрофізичних властивостей матеріалів електроніки для створення функціональних матеріалів та структур твердотільної, оптичної, мікрохвильової та наноелектроніки.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

### **Пререквізити:**

Перелік дисциплін, які вивчалися та володіння якими необхідні студенту: "Матеріали і компоненти мікро- та наносистемної техніки", "Твердотільна електроніка", "Квантова механіка", "Фізика твердого тіла", "Технологічні основи електроніки", "Теорія електронних кіл", "Фізико - технологічні основи наноелектроніки-1. Фізичні основи наноелектроніки".

### **Постреквізити:**

Перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з дисципліни ФТОН-2: "Технологія напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем", "Оптоелектроніка", "Дипломне проектування".

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Перелік розділів і тем дисципліни ФТОН-2:**

**Розділ 1. Наноелектроніка. Сучасний стан. Терміни та поняття.**

Тема 1.1 Вступ. Основні поняття та терміни. Роль нанотехнологій та галузі використання. Наноб'єкти у живій і неживій природі. Переваги та ризики нанотехнологій, нанобіобезпека.

**Розділ 2. Традиційні методи осадження плівок.**

Тема 2.1 Фізичні та хімічні методи напылення. Осадження з парогазової фази (CVD).

Тема 2.2 Молекулярно-променеве осадження (MBE).

Тема 2.3 Атомне пошарове нанесення (ALD).

Тема 2.4 Інші методи нанесення: рідиннофазна епітаксія; лазерне напылення (абляція); обробка іонними пучками.

**Розділ 3. Методи дослідження наноструктур та наноматеріалів.**

Тема 3.1 Огляд та класифікація методів аналізу наноструктур та наноматеріалів. Електронні та іонні методи аналізу матеріалів. Електронна мікроскопія.

Тема 3.2 Скануюча зондова мікроскопія. Скануючий тунельний мікроскоп.

Тема 3.3 Атомний силовий мікроскоп. Магніто- та електросилова мікроскопія.

Тема 3.4 Конфокальна оптична мікроскопія. Оптична мікроскопія ближнього поля.

*Розділ 4. Технологічні методи з використанням скануючих зондів.*

*Тема 4.1 Атомна інженерія. Паралельні процеси. Перпендикулярні процеси. Локальне окислення. Локальне CVD. Нанопінцет, інші зондові технології.*

*Розділ 5. Нанолітографія.*

*Тема 5.1 Сучасний стан та обмеження оптичної літографії. Екстремальна УФ літографія.*

*Тема 5.2 Рентгенівська літографія. Електронно- та іонно-променева літографія.*

*Тема 5.3 Використання скануючих зондів. Профілізація резистів.*

*Тема 5.4 Пір'яна літографія. Нанодрук (наноімпринт). Порівняння нанолітографічних методів.*

*Розділ 6. Процеси, що самоорганізуються.*

*6.1 Самозбирання. Самоорганізація в живій природі. Супрамолекулярна хімія. Самоорганізація в об'ємних матеріалах. Самоорганізація нанокристалітів в неорганічних матеріалах.*

*6.2 Самоорганізація в органічних матеріалах. Методи колоїдної хімії. Золь-гель технологія. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт.*

*6.3 Самоорганізація при епітаксії. Формування масивів квантових точок.*

*Розділ 7. Наноматеріали та наноструктури.*

*Тема 7.1 Класифікація наноструктур і наноматеріалів. Фрактальні структури. Аерогелі та інші пористі наноматеріали.*

*Тема 7.2 Пористий оксид алюмінію та структури на його основі.*

*Тема 7.3 Нанокристалічний кремній та його композити. Пористий кремній. Методи отримання, властивості і використання.*

*Тема 7.4 Структури на основі вуглецю. Одержання алмазоподібних плівок. Нанотрубки. Фулерени. Графен.*

*Тема 7.5 Нанострижні та інші наноструктури ZnO. Синтез. Використання.*

*Розділ 8. Наноматеріали в мікро- та наносистемній техніці.*

*Тема 8.1 Мікро- та наноелектромеханічні системи. Наносенсори. Біонаносенсори.*

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Базові ресурси**

**1.** Заячук Д.М., Якименко Ю.І., Орлов А.Т., Співак В.М., Богдан О.В., **Основи наноелектроніки.** Підручник у 2-х книгах, кн. 1 «Квантово-механічні засади, структури, фізичні властивості» К.: Кафедра, 2014– 454 с.

**2.** Заячук Д.М., Якименко Ю.І., Орлов А.Т., Співак В.М., Богдан О.В., Коваль В.М. **Основи наноелектроніки.** Підручник у 2-х книгах, Кн. 2 «Матеріали, технології і функціональні пристрої» (Гриф МОН України №1/11-16500 від 23.10.12)

**3.** Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. **Нанoeлектроника: Учеб. Пособие** Изд-во : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.-223 с.

**4.** Заячук Д. М. **Нанотехнології і наноструктури: Навчальний посібник.** Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. -580 с.

**5.** Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. **Основы нанoeлектроники: Учеб. Пособие** Изд-во ЛОГОС, 2006. – 496 с.

6. Щука А.А. **Нанoeлектроника**. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.

7. **Нанотехнологии в полупроводниковой электронике**/ Отв. Редактор А.Л. Асеев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 368 с.

#### Допоміжні ресурси

1. **Гусев А.И.** Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И.Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 410 с.

2. **Дьячков П. Н.** Углеродные нанотрубки : строение, свойства, применения / П. Н. Дьячков. – М. : БИНОМ. лаб. знаний, 2006. – 293 с. –(Нанотехнология).

3. **Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований:** пер. с англ. / Д. Уайтсайдс [и др.]; под ред. М. К. Роко [и др.]. – М.: Мир, 2002. – 292 с.

4. **Драгунов В. П.** Основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. – Новосибирск: НГТУ, 2000. – 332 с.

5. **Квантовые компьютеры, микро- и нанoeлектроника:** физика, технология, диагностика и моделирование / отв. ред. А. А. Орликовский. – М.: Наука, 2005. – 414 с.

6. **Кобаяси Н.** Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А.В. Хачояна; под ред. Л. Н. Патрикеева. – М.: Бином, Лаборатория знаний, 2005. – 134 с. – (Нанотехнология).

7. **Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам:** сб. ст. / под ред. П. П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2005. – 589 с. – (Мир электроники; VII, 19).

8. **Нанотехнологии в электронике** / под ред. Ю. А. Чаплыгина. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с.

9. **Неволин В. К.** Зондовые нанотехнологии в электронике / В. К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 148 с. – (Мир электроники; VII, 11).

Базові інформаційні ресурси розміщуються на Гугл-диску у Гугл-класі на початку навчального семестру.

#### Навчальний контент

#### За навчальним планом освітньо-професійної підготовки бакалаврів

№ п/п	Найменування дисциплін	Назва кафедри	Обсяг дисципліни		Аудиторні години						Самостійна робота студентів	
			Кредитів	Годин	Всього	в тому числі						
						Лекції	Практ.	Лаб оратор	МКР	Екзамен		Індивідуа
7	Фізико - технологічні основи нанoeлектроніки-2. Технологічні основи нанoeлектроніки	МЕ	4,5	135	54	36	18		5	4		90

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин										
	Всього	у тому числі							Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
		За НП	Аудиторні	Семінари		Практ.					
За НП	Аудиторні			За НП	Аудиторні						
1	2	3	4				5	6	7		
<b>Розділ 1. Наноелектроніка. Сучасний стан. Терміни та поняття.</b>											
1 Вступ. Основні поняття та терміни. Роль нанотехнологій та галузі використання. Нанооб'єкти у живій і неживій природі. Переваги та ризики нанотехнологій, нанобіобезпека.		2					0			6	
<b>Разом за розділом 1</b>		2					0			12	
<b>Розділ 2. Традиційні методи осадження плівок.</b>											
2 Фізичні та хімічні методи напылення. Осадження з парогазової фази (CVD).		2					1			6	
3 Молекулярно-променево осадження (MBE).		2					1				
4 Атомне шарове нанесення (ALD). Інші методи нанесення: рідиннофазна епітаксія; лазерне напылення (абляція); обробка іонними пучками.		2					2				
<b>Разом за розділом 2</b>		6		0		4		0		6	
<b>Розділ 3. Методи дослідження наноструктур та наноматеріалів.</b>											
5 Огляд та класифікація методів аналізу наноструктур та наноматеріалів. Електронні та іонні методи аналізу матеріалів. Електронна мікроскопія.		2					1			10	
6 Скануюча зондова мікроскопія. Скануючий тунельний мікроскоп.		2					1				
7 Атомний силовий мікроскоп. Магніто- та		2					1				



Назви розділів і тем	Кількість годин										
	Всього	у тому числі							Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
		За НП	Аудиторні	Семінари		Практ.					
За НП	Аудиторні			За НП	Аудиторні						
електросилова мікроскопія. Оптична мікроскопія ближнього поля.											
<b>Разом за розділом 3</b>		<b>6</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>10</b>	
<b>Розділ 4. Технологічні методи з використанням скануючих зондів.</b>											
8 Атомна інженерія. Паралельні процеси. Перпендикулярні процеси. Локальне окислення. Локальне CVD. Нанопінцет, інші зондові технології.		<b>2</b>		<b>2</b>						<b>8</b>	
<b>Разом за розділом 4</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>8</b>	
<b>Розділ 5. Нанолітографія.</b>											
9 Сучасний стан та обмеження оптичної літографії. Екстремальна УФ літографія.		<b>2</b>				<b>4</b>				<b>2</b>	
10 Рентгенівська літографія. Електронно- та іонно- променева літографія.		<b>2</b>				<b>4</b>				<b>2</b>	
11 Використання скануючих зондів. Профілізація резистів. Пір'яна літографія. Нанодрук (наноімпринт). Порівняння нанолітографічних методів.		<b>2</b>									
<b>Разом за розділом 5</b>		<b>6</b>		<b>0</b>		<b>8</b>		<b>0</b>		<b>6</b>	
<b>Розділ 6. Процеси, що самоорганізуються.</b>											
12 Самоорганізація в об'ємних матеріалах. Самоорганізація в неорганічних та органічних матеріалах. Самоорганізація в матеріалах. Методи колоїдної хімії. Золь-гель. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт. Самоорганізація при епітаксії.		<b>2</b>				<b>2</b>				<b>4</b>	
<b>Разом за розділом 6</b>		<b>4</b>		<b>0</b>		<b>1</b>		<b>0</b>		<b>4</b>	

Назви розділів і тем	Кількість годин										
	Всього	у тому числі							Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
		За НП	Аудиторні	Семінари		Практ.					
За НП	Аудиторні			За НП	Аудиторні						
<b>Розділ 7. Наноматеріали та наноструктури.</b>											
13 Класифікація наноструктур і наноматеріалів. Фрактальні структури. Аерогелі та інші пористі наноматеріали.		2					1			2	
14 Пористий оксид алюмінію та структури на його основі.		2					1				
15 Нанокристалічний кремній та його композити. Пористий кремній. Методи отримання, властивості і використання.		2					1				
16 Структури на основі вуглецю. Одержання алмазоподібних плівок. Нанотрубки. Фулерени. Графен.		2					1				
17 Нанострижні та інші наноструктури ZnO. Синтез. Використання. Розділ 19. Наноматеріали в мікро- та наносистемній техніці.		2					1				
<b>Разом за розділом 7</b>		<b>10</b>					<b>7</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	
<b>Розділ 8. Наноматеріали в мікро- та наносистемній техніці.</b>											
18 Мікро- та наноелектромеханічні системи. Наносенсори. Біонаносенсори.		2					1			2	
<b>Разом за розділом 8</b>		<b>2</b>			<b>0</b>		<b>1</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	
<i>Екзамен</i>	<b>5</b>								<b>4</b>		
<b>Всього годин</b>	<b>135</b>	<b>36</b>			<b>0</b>		<b>18</b>		<b>0</b>	<b>72</b>	



Навчання здійснюється на основі сучасної стратегії взаємодії викладача та студента в електронному просторі з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу використовується платформа Google classroom за допомогою якої:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Види самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять здійснюється відповідно до плану дисципліни за наведеними в ньому посиланнями на платформу Google classroom, розв'язок задач, написання реферату, виконання модульної контрольної роботи тощо надсилається викладачу в електронному вигляді через систему Google classroom та в терміни часу вказаний у системі поточного оцінювання. Самостійна робота студента включає підготовку до модульної контрольної роботи та її виконання.

Крім підготовки до аудиторних занять у якості самостійної роботи вивчаються додаткові розділи курсу, які оформлюються як реферат, та виконуються завдання комп'ютерного практикуму з проектування окремих блоків ІМС, які перевіряються та здаються під час аудиторних занять.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали:

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Виконання практичних робіт	4 бали	Порушення термінів виконання практичних робіт	1 бал
Своєчасне написання МКР	0 балів	Несвоєчасне написання ДКР або МКР	- 5 балів
Своєчасна здача іспиту	0 бали	Перездача іспиту	- 5 балів

#### Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних та візних занять не оцінюється, за відсутність на них нараховуються штрафні 0,5 бали. 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 розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи необхідно перескласти до завершення атестаційного тижня.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання – не оцінюється.

### **Календарний рубіжний контроль**

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами 3.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації 4		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг 5	≥ 13 балів	≥ 30 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота	+

### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

### **Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)**

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умови погодження зі студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні. Може здійснюватися виставлення оцінки за контрольні заходи шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів. Можливе здійснення контрольних заходів і атестації дистанційно в онлайн режимі, за умови персональної ідентифікації студентів.

<sup>3</sup> Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

<sup>4</sup> Там само.

<sup>5</sup> Там само.

### **Навчання іноземною мовою (необов'язковий пункт)**

Використання іноземної літератури, вивчення навчального матеріалу, термінів, стандартів, документів тощо на іноземних мовах можливе при вивченні новітніх технологій, а також відео і \*.ppt демонстраціях у тих випадках, коли відсутні вітчизняні інформаційні джерела.

Англомовним групам іноземних студентів можливе викладання дисципліни англійською мовою.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

### Система оцінювання

Вимоги до PCO та методика її складання надані у Положенні про рейтингову систему оцінювання результатів навчання студентів / Уклад.: В. П. Головенкін. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 36 с.

**Система рейтингової оцінки за видами занять:**

№ з/п	Заняття, підлягають рейтинговій оцінці	що	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1.	Лекції: відвідування конспектування		18 1	2 12	36 12
2.	Завдання комп'ютерного практикуму: своєчасне виконання захист		5 5	2 2	10 10
3.	Модульні контрольні роботи		2	10	20
4.	Індивідуальне завдання: своєчасне виконання та захист		1	12	12
Семестрові бали			100		

### **Семестрова атестація студентів**

Обов'язкова умова допуску екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг. Виконання індивідуального завдання.	$RD \geq 20$
2	Виконання завдань на практичних заняттях	$RD \geq 20$
2	Написання домашньої контрольної роботи	$RD \geq 20$
Всього		$RD \geq 60$

**Додаткові умови допуску до екзамена: немає**

### **Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою <sup>2</sup>**

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно	-
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо	-
$RD < 60$	Незадовільно	-
Невиконання умов допуску	Не допущено	-

#### **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- можливе зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** професором кафедри мікроелектроніки, к.т.н., доц., Орловим А.Т.

**Ухвалено** кафедрою мікроелектроніки (протокол № 21 від 10.06.2020)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>2</sup> (протокол № 06/2020 від 22.06.2020)

---

<sup>2</sup> Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

<sup>2</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.