



# Наноматеріали та наноструктури в електроніці

## Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування<sup>1</sup></i>
Спеціальність	<i>153 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наноелектроніка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова, освітній компонент з Ф-Каталогу</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,0 кредита ЕКТС/120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ модульна контрольна робота/ домашня контрольна робота</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: проф. каф. МЕ, к.т.н., проф. 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., проф. Орлов Анатолій Тимофійович, <a href="mailto:a.orlov@kpi.ua">a.orlov@kpi.ua</a>, моб. тел. 0679825255</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/NTg4NzgWODExMDcy">https://classroom.google.com/c/NTg4NzgWODExMDcy</a></i>

### 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 нанометрових. 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 “**Наноматеріали та наноструктури в електроніці**” (далі НМНС) 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 НМНС є вивчення наноматеріалів, наноструктур та приладів наноелектроніки і наносистемної техніки, а також методи дослідження нанооб'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».

*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, атомно-пошарове осадження, самозбирання наноструктур, нанолітографію, 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 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної 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 3. Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.*

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

*ФК 11. Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на ефективність та результати інженерної діяльності в галузі мікро- та наносистемної електронної техніки.*

**Програмні результати навчання**

*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 11. Організовувати та проводити планові та позапланові технічні обслуговування, налагодження технологічного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва.*

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни НМНС (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”, “Наноелектроніка”.*

### **Постреквізити:**

*Перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з дисципліни ТОН: “Технологія напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем”, “Оптоелектроніка”, “Дипломне проектування”.*

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Перелік розділів і тем дисципліни НМНС:**

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

*Тема 1.1 Вступ. Основні поняття та терміни. Роль нанотехнологій та галузі використання. Нанооб’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. Заячук Д. М. **Нанотехнології і наноструктури: Навчальний посібник**. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. -580 с.

### Допоміжні ресурси

1. Погосов В.В., Корніч Г.В., Васютін Є.В., Пугіна К. В., Кіпріч В.І. **Основи нанофізики і нанотехнологій** / Електронний підручник – Запоріжжя: ЗНТУ 2008, 630с.

2. Багдасарян А.А. **Основи наноелектроніки** : навчальний посібник / А. А. Багдасарян. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 133 с.

3. Павлик С.І., Зубко Є.І. **Основи наноелектроніки**. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 6.05080102 «Мікро-та наноелектроніка»/ С.І. Павлик,

Є.І. Зубко - Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 50с

4. Осадчук В. С. **Фізична наноелектроніка** : навчальний посібник / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук; ВНТУ. - Вінниця : ВНТУ, 2015. - 146 с.

5. Г.Находкин, Д.І.Шека. **Фізичні основи мікро та наноелектроніки**. К.: ВПЦ Київський університет, 2005 р., 431 с

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	ДКР	Залік	
7	Фізико - технологічні основи наноелектроніки-2. Технологічні основи наноелектроніки	МЕ	4,0	120	54	36	18	-	6	6	6	66

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

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	Всього	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Лабора т.	Індивідуальні заняття	СРС
		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			12
<b>Разом за розділом 1</b>		<b>2</b>						<b>0</b>		<b>12</b>
<b>Розділ 2. Традиційні методи осадження плівок.</b>										
2 Фізичні та хімічні методи напilenня. Осадження з парогазової фази (CVD).		2					1			6
3 Молекулярно-променеве осадження (MBE).		2					1			
4 Атомне пошарове нанесення (ALD). Інші методи нанесення: рідиннофазна епітаксія; лазерне напilenня		2					2			

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	Всього	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		За НП	Аудиторні	Семінари		Практ.				
За НП	Аудиторні	За НП	Аудиторні	За НП	Аудиторні					
(абляція); обробка іонними пучками.										
<b>Разом за розділом 2</b>		<b>6</b>		<b>0</b>		<b>4</b>		<b>0</b>	<b>6</b>	
<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.		<b>2</b>				<b>1</b>			<b>10</b>	
6 Скануюча зондова мікроскопія. Скануючий тунельний мікроскоп.		<b>2</b>				<b>1</b>			<b>2</b>	
7 Атомний силовий мікроскоп. Магніто- та електросилова мікроскопія. Оптична мікроскопія ближнього поля.		<b>2</b>				<b>1</b>			<b>2</b>	
<b>Разом за розділом 3</b>		<b>6</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>0</b>	<b>14</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>4</b>	
11 Використання скануючих зондів. Профілізація резистів. Пір'яна літографія. Нанодрук (наноімпринт).		<b>2</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	За НП	Аудиторні						
Порівняння нанолітографічних методів.											
<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>	
<b>Розділ 7. Наноматеріали та наноструктури.</b>											
13 Класифікація наноструктур і наноматеріалів. Фрактальні структури. Аерогелі та інші пористі наноматеріали.		<b>2</b>				<b>1</b>				<b>2</b>	
14 Пористий оксид алюмінію та структури на його основі.		<b>2</b>				<b>1</b>				<b>2</b>	
15 Нанокристалічний кремній та його композити. Пористий кремній. Методи отримання, властивості і використання.		<b>2</b>				<b>1</b>				<b>2</b>	
16 Структури на основі вуглецю. Одержання алмазоподібних плівок. Нанотрубки. Фулерени. Графен.		<b>2</b>				<b>1</b>				<b>4</b>	
17 Нанострижні та інші наноструктури ZnO. Синтез. Використання.		<b>2</b>				<b>1</b>				<b>2</b>	

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	Всього	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Лабора т.	Індивідуальні заняття	СРС
		За НП	Аудиторні	Семінари		Практ.				
		За НП	Аудиторні	За НП	Аудиторні					
Розділ 19. Наноматеріали в мікро- та наносистемній техніці.										
<b>Разом за розділом 7</b>		<b>10</b>				<b>7</b>		<b>0</b>	<b>12</b>	
<b>Розділ 8. Наноматеріали в мікро- та наносистемній техніці.</b>										
18 Мікро- та наноелектромеханічні системи. Наносенсори. Біонаносенсори.		<b>2</b>				<b>1</b>			<b>4</b>	
<b>Разом за розділом 8</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>1</b>		<b>0</b>	<b>4</b>	
<b>Залік</b>	<b>6</b>								<b>6</b>	
<b>Всього годин</b>	<b>120</b>	<b>36</b>		<b>0</b>		<b>18</b>		<b>0</b>	<b>54</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

Самостійна робота студента розрахована на 66 год. Види самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять здійснюється відповідно до планку 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.



### Теми індивідуальних завдань по курсу НМНС:

1. Методи визначення розмірів малих частинок.
2. Методи синтезу наночастинок.
3. Методи нанесення наноплівки.
4. Фізико-хімічні особливості поведінки речовин в нанорозмірному стані.
5. Електрооптичні процеси в надґратки.
6. Самоорганізація і самозбірка наноструктур.
7. Фізичні основи скануючої зондової мікроскопії.
8. Скануючий тунельний мікроскоп.
9. Атомний силовий мікроскоп.
10. Методи дослідження нанооб'єктів і наноструктур.
11. Атомна інженерія. Локальне окислення металів і напівпровідників.
12. Атомна інженерія. Локальне хімічне осадження з газової фази.
13. Екстремальна УФ літографія.
14. Електронно- та іонно-променева літографія.
15. Нанодрук (наноімпрінт).
16. Нанокристаліти в неорганічних і органічних матеріалах.
17. Золь-гель технологія.
18. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт та приклади їх використання.
19. Критерії визначення наноматеріалів: розмір, розмірність і функціональні властивості.
20. Фрактальні наноструктури.
21. Аерогелі.
22. Пористий кремній: отримання, властивості, використання.
23. Пористий оксид алюмінію, отримання і наноструктури на його основі.
24. Графен: отримання, властивості, використання.
25. Фулерени: отримання, структура, використання.
26. Вуглецеві нанотрубки: хіральність, провідні і надпровідні властивості нанотрубок.
27. Фотонні кристали.
28. Перспективи нанотехнологій в системах запису і зберігання інформації.
29. Феромагнетизм в наноструктурах.

### 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 виконання МКР або ДКР	0 балів	Несвоєчасне виконання ДКР або МКР	- 5 балів
Своєчасна здача заліку	0 бали	Перездача заліку	- 5 балів

#### Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних та виїзних занять не оцінюється, за відсутності 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> Так само.

<sup>5</sup> Так 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, що підлягають рейтинговій оцінці	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 заліку: 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

$75 \leq RD \leq 84$	<i>Добре</i>	<i>Добре</i>
$65 \leq RD \leq 74$	<i>Задовільно</i>	-
$60 \leq RD \leq 64$	<i>Достатньо</i>	-
$RD < 60$	<i>Незадовільно</i>	-
<i>Невиконання умов допуску</i>	<i>Не допущено</i>	-

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

- *можливе зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою повністю або частково за результатами співбесіди викладача зі студентом за темою курсу;*
- *інша інформація для студентів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни розміщена у Гугл-класі.*

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

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

*Ухвалено кафедрою мікроелектроніки ФЕЛ (протокол №22 від 23.06.2023 р.)*

*Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2023 від 29.06.2023 р.)*