КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан

____________ Андрій НЕТРЕБА

« ____ » ___________ 20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Прикладна фізика та електроніка

для студентів

рівень вищої освіти	**другий (магістерський)**
галузь знань	**10 Природничі науки**
спеціальність	**105 Прикладна фізика та наноматеріали**
освітня програма	**Прикладна фізика та наноматеріали**
вид дисципліни	**обов'язкова**

форма навчання	денна
навчальний рік	2023/2024
семестр	1
кількість кредитів ECTS	3
мова викладання	українська, англійська
форма заключного контролю	залік

Викладач:
Андрій ГОРЯЧКО, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніка.

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. ___________ (_______________) « ___ » _________ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. ___________ (_______________) « ___ » _________ 20__ р.

КИЇВ – 2023

Розробник:
Андрій ГОРЯЧКО, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніка.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри квантової радіофізики

та наноелектроніки

________________Ганна КАРЛАШ

Протокол № __ від « ___ » __________ 20__ р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № ___ від « ___ » _____________ 20__ р.

Голова науково-методичної комісії Сергій РАДЧЕНКО

« ___ » _____________ 20__ р.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів із основними засадами прикладної фізики в контексті сучасної електроніки.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Прикладна фізика та електроніка» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра, а саме: "Загальна фізика", "Фізика твердого тіла", "Теоретична фізика", "Диференціальні та інтегральні рівняння".

Попередні вимоги:

1. студент повинен знати: основні закони, рівняння та співвідношення курсу загальної фізики, курсу фізики твердого тіла, курсу теоретичної фізики, курсу лінійної алгебри, курсу диференціальних та інтегральних рівнянь.

2. студент повинен вміти: будувати фізичні моделі реальних систем як в наближенні класичної фізики так і в межах квантової теорії, ідентифікувати основні наближення для спрощення математичного формулювання створюваних моделей.

3. студент повинен знати: базові основи теорії твердотільних та вакуумних електронних приладів, основні режими роботи та робочі параметри.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Прикладна фізика та електроніка» дозоляє зрозуміти та опанувати фізичні принципи сучасної електроніки та перспективні напрямки її розвитку. Розглядаються основні типи активних електронних приладів для обробки, зберігання та передавання інформації, як в аналоговому так і цифровому вигляді, а саме фізичний принцип дії, основні робочі параметри, методи моделювання та системної інтеграції. Зокрема, упродовж курсу студенти вивчають найважливіші квантові явища мезоскопічної фізики, які можуть бути покладені в основу перспективних електронних приладів наступних поколінь. Зокрема це квантові розмірні ефекти, надпровідність, топологічні особливості електронної структури твердого тіла. Окрім власне електроніки, достатня увага приділяється сенсориці, оскільки різноманітні сенсорами можуть слугувати інтерфейсом між електронними схемами для обробки та передачі інформації та електромагнітними, акустичними, тепловими полями, тощо. Розглянуто новітні матеріали, а також технології їхнього виробництва, зокрема наноструктуровані матеріали, дво-вимірні матеріали, молекулярні матеріали, на основі яких розглядається можливість створення нових електронних приладів. В межах робочої програми розглядаються також практичні аспекти застосування електронних приладів та сенсорів в широкому колі галузей, таких як інформаційні технології, медицина, зелена енергетик, оборонний сектор, тощо.

4. Завдання (навчальні цілі):

- Надати основні відомості з курсу «Прикладна фізика та електроніка», які складають важливу частину загально-наукової підготовки студента за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».
- Надати основні знання з теорії електронної структури твердого тіла та конденсованого середовища, та продемонструвати зв'язок цієї структури із характеристиками активних електронних приладів.
- Навчити застосовувати одержані знання у професійній діяльності при проведенні наукових досліджень та розробок в науково-дослідних або конструкторських закладах, а також на виробництві в сфері електроніки для цивільних або оборонних потреб.
- Навчити ефективно застосовувати отримані знання в просвітницькій та профорієнтаційній роботі для роз'яснення широким верствам суспільтсва важливості інвестицій в наукову галузь, зокрема в галузь прикладної фізики, задля підвищення конкурентоспроможності України на світовому ринку та підвищення її обороноздатності.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

Загальні компетентності:

- ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу..
- ЗК 11. Здатність працювати в команді.

Фахові компетентності:

- ФК 1. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження.
- ФК 4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об’єктів дослідження
- ФК 10. Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем.
- ФК 12. Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів

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			
1	студент повинен **знати**:	лекційні та практичні заняття з використанням персональних комп’ютерів	письмові модульні контрольні роботи	до 45
1.1	Загальні основи фізики електронної підсистеми твердого тіла	=//=	=//=	*До 10*
1.2	Базові підходи до обчислення електронних властивостей наноструктурованих матеріалів	=//=	=//=	*До 5*
1.3	Основні фізичні властивості двовимірних матеріалів	=//=	=//=	*До 7*
1.4	Основні фізичні підходи до створення різних класів електронних приладів: цифрових, аналогових, НВЧ, сенсорних, тощо.	=//=	=//=	*До 8*
1.5	Основні фізичні моделі та механізми протікання електричного струму в електронних приладах різного типу	=//=	=//=	*До 8*
1.6	Фізичні основи технологій виготовлення оснвоних типів сучасних електронних приладів	=//=	=//=	*До 7*
2	студент повинен **вміти**:	лекційні та практичні заняття з використанням персональних комп’ютерів	письмові модульні контрольні роботи	до 45
2.1	Будувати алгоритми розрахунку електричного струму через активну зону електронного приладу	=//=	=//=	*До 15*
2.2	Застосовувати комерційно доступні програмні пакети для комп’ютерного моделювання схемотехнічних параметрів електронних приладів	=//=	=//=	*До 15*
2.3	Розраховувати граничні частоти електронних приладів відомих типів, для опису яких вже розроблено точні математичні теорії	=//=	=//=	*До 15*
3	**комунікація:**	лекційні та практичні заняття з використанням персональних комп’ютерів	письмові модульні контрольні роботи	до 5
3.1	Здатність грамотно комунікувати важливість розвитку такої галузі як електроніка для підвищення національної конкурентоспроможності та обороноздатності, в т.ч. і на аудиторію широкого загалу	=//=	=//=	*До 3*

3.2	Здатність до командної роботи при проектуванні складних електронних приладів	=//=	=//=	*До 2*
4	**автономність та відповідальність:**	лекційні та практичні заняття з використанням персональних комп'ютерів	письмові модульні контрольні роботи	до 5
4.1	Здатність до самостійного пошуку необхідних джерел наукової та технічної літератури, в т.ч. іноземної, за тематикою власної наукової діяльності	=//=	=//=	*До 3*
4.2	Здатність самостійно визначати новизну та унікальність запропонованих електронних приладів наступних поколінь	=//=	=//=	*До 2*

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	**Результати навчання дисципліни**												
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2
ПРН 1. Глибокі знання в галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів.	+	+			+			+				+	
ПРН 4. Знання іноземної мови			+			+	+	+			+	+	
ПРН 6. Знаходити і аналізувати науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій.				+		+	+				+	+	
ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.	+			+					+	+	+		+
ПРН 9. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.	+	+				+					+	+	

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів: рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.6 [**знання**] – до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [**вміння**] – до 45%;
- результат навчання 3.1-3.2 [**комунікація**] – до 5%;
- результат навчання 4.1-4.2 [**автономність та відповідальність**] – до 5%;

Форми оцінювання студентів:

семестрове оцінювання: контроль здійснюється за таким принципом.

1. Контрольна робота з тем 1-7 (письмово): РН 1.1-3, РН 2.1, РН 3.1, РН 4.1 – 20 балів.
2. Контрольна робота з тем 8-14 (письмово): РН 1.4-6, РН 2.2-3, РН 3.2, РН 4.2 – 20 балів.
3. Самостійно виконана письмова проект-пропозиція прикладного застосування новітнього електронного приладу (англійською мовою) - 20 балів

підсумкове оцінювання (у формі заліку): форма заліку – письмово-усна. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому, оцінка за залік не може бути меншою **24 балів.**

умови допуску до підсумкового заліку: умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр – **36 балів**.

7.2. Організація оцінювання.

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min. – балів	Max. – балів
Модульна контрольна робота №1	12	20
Модульна контрольна робота №2	12	20
Проект пропозиція (англ. мовою)	12	20

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота №1	жовтень
Модульна контрольна робота №2	листопад
Проект пропозиція (англ. мовою)	до початку грудня
Залік	грудень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:

Значення	Семестр	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок.

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Зараховано / Passed	60-100%
Не зараховано / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять.

№ з/п	Назва теми	У тому числі - кількість годин		
		Лекції	Семінари	Самостійна робота
1	Вступ та огляд курсу “Прикладна фізика та електроніка”. Науково-інженерний словник – англомовна термінологія прикладної фізики та електронних приладів.	1	1	6
2	Основні типи активних елементів в сучасній електроніці.	1	1	4
3	Електронна структура твердого тіла та її вплив на робочі параметри твердотільних активних елементів електроніки.	1	1	4
4	Твердотільні фото-електронні елементи та сенсори.	1	1	4
5	Магніто-електронні активні елементи твердотільної електроніки	1	1	4
6	Молекулярна електроніка	1	1	4
7	Електронно-променева вакуумна електроніка та наноелектроніка	1	1	4
8	Квантові обчислення, базові елементи квантових комп’ютерів	1	1	4

9	Огляд основних складових технологій виготовлення елементної бази сучасної наноелектроніки	1	1	4
10	Молекулярно-променева епітаксія, фізично-парове осадження, хімічно-парове осадження	1	1	4
11	Технології виготовлення та структуризації двовимірних матеріалів Інженерно-технологічний словник – англомовна термінологія технологій прикладної фізики та електроніки	1	1	6
12	Літографія та нанолітографія	1	1	4
13	Мікроскопічні методики контролю технологій виготовлення електронних приладів	1	1	4
14	Спектроскопічні методики контролю технологій виготовлення електронних приладів. Інженерний словник – англомовна термінологія сучасної метрології.	1	1	5
Всього		**14**	**14**	**61**

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
Лекції **14** год.
Практичні **14** год.
Консультації **1** год.
Самостійна робота **61** год.

9. Рекомендована література:

Основні джерела:

1. J. N. Burghartz. Guide To State-Of-The-Art Electron Devices. – John Wiley & Sons Ltd, 2013. – 300 pp.
2. D.A. Neamen. Semiconductor Physics and Devices – Basic Principles. – The McGraw-Hill Companies, Inc, 2012. – 758 pp.
3. E.A. Gutierrez-D. Nano-Scaled Semiconductor Devices - Physics, Modelling, Characterisation and Societal Impact. – The Institution of Engineering and Technology, 2016. – 453 pp.

Додаткові джерела:

1. S.C. Bera. Microwave Active Devices and Circuits for Communication. – Springer Nature Singapore Ltd, 2019. – 691 pp.
2. A. Evtukh, H. Hartnagel, O. Yilmazoglu, H. Mimura, D. Pavlidis. Vacuum Nanoelectronic Devices. – Novel Electron Sources and Applications – John Wiley & Sons, Ltd, 2015. – 453 pp.
3. W. Lambrechts, S. Sinha, J. Abdallah, J. Prinsloo. Extending Moore’s Law through Advanced Semiconductor Design and Processing Techniques. – Taylor & Francis Group, LLC, 2019. – 354 pp.
4. <u>В процесі підготовки проекту-пропозиції студенти самостійно здійснюють пошук нещодавно опублікованої англомовної фахової інформації в мережі інтернет на тематикою, заданою викладачем.</u>

Short vocabulary on Applied Physics and Electronics

Atomic layer deposition – атомно-шарове нанесення (плівок);
Analog to digital convertor – аналогово-цифровий перетворювач;
Bipolar technology – технології на базі біполярних транзисторів;
Complementary metal oxide semiconductor technology – технології на базі комплементарних транзисторів типу метал-оксид-напівпровідник;
Digital to analog convertor – цифрово-аналоговий перетворювач;

Extreme ultra-violet lithography – літографія екстремального ультрафіолету;
Heteroepitaxy – гетероепітаксія;
Integrated circuit – інтегральна схема (мікросхема);
Integrated electronics – інтегральна електроніка;
Integration level – ступінь інтеграції;
Ion implantation – іонна імплантація;
Metal-organic chemical vapor deposition – металоорганічне хімічно-парове нанесення (плівок);
Physical vapor deposition – фізично-парове нанесення (плівок);
Plasma enhanced chemical vapor deposition – плазмово-активоване хімічно-парове осадження (плівок);
Qunatum dot – квантова точка;
Quantum well – квантова яма;
Quantum wire – квантовий дріт;
Quantum Cellular Automata – квантові коміркові автомати;
Reactive ion etching – реактивне іонне травлення;
Resonant tunneling diode – резонансний тунельний діод;
Silicon on insulator technology – технологія кремній на ізоляторі;