

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра фізичної електроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика конденсованого середовища

для студентів

галузь знань

10 «Природничі науки»

спеціальність

105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

освітня програма

«Радіофізика та електроніка»

рівень вищої освіти

другий освітньо-науковий (магістр)

вид дисципліни

обов'язкова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

1

Кількість кредитів ECTS

4

Мова викладання

українська

Форма заключного контролю

залік

Викладач:

Максим СТІХА, доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри фізичної електроніки.

Пролонговано:

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

Розробник:

Максим СТІХА, доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри фізичної електроніки.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри фізичної електроніки

_____ Анатолій ВЕКЛИЧ

Протокол № __ від « ____ » _____ 2022 р.

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

Протокол № __ від « ____ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« ____ » _____ 2022 року.

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Фізика конденсованого середовища» є обов'язковою складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 10 «Природничі науки» зі спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Викладається у 1 семестрі (1 року навчання) в обсязі 120 год. (4 кредити ECTS) зокрема: лекції – всього 40 год., самостійна робота – 80 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі. Дисципліна завершується заліком.

1. Мета дисципліни - отримання студентами систематизованих уявлень про різні розділи сучасної фізики конденсованих середовищ, насамперед пов'язані з можливістю застосування в електроніці та в інших новітніх технологіях, та поглиблених знань про різноманітні квантові процеси, які відбуваються у цих середовищах, насамперед – у металах, напівпровідниках та низьковимірних структурах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Фізика конденсованого середовища» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки ОР «Бакалавр», зокрема, «Електрика та магнетизм», «Диференціальні рівняння та теорія ймовірностей», «Квантова механіка», «Методи математичної фізики».

3. Анотація навчальної дисципліни:

У програмі дисципліни розглядаються визначення фізики конденсованих середовищ, класифікація конденсованих середовищ (Кристали. Аморфні тверді тіла. Квазікристали. М'яка речовина. Рідкі кристали. Полімери); основні наближення й методи фізики конденсованих середовищ; фонони, теплоємність, теплопровідність, статистика Фермі й статистика Бозе-Ейнштейна; електрони в твердих тілах, зонна структура; класифікація твердих тіл (Метали. Напівпровідники. Діелектрики); електрони в електричному полі, провідність металів, електрон-фононна взаємодія, недпровідність, надплинність, магнітні явища в конденсованих середовищах; спінтроніка; зонна структура напівпровідників; метод ефективної маси, енергетичні рівні; статистика електронів і дірок, рівень Фермі; нерівноважні носії, феноменологічна теорія рекомбінації; центри рекомбінації і центри прилипання, модель Лекса каскадного захоплення носіїв на мілкі домішки; багатофононне захоплення носіїв заряду на глибокі центри й термічна іонізація; Оже-рекомбінація; оптичні переходи, фотопровідність; особливості фізичних процесів у низьковимірних структурах; визначення квантових цяток, квантових дротів, квантових ям; явище кулонівської блокади; явище цілочисельного квантового ефекту Холла; графен.

4. Завдання (навчальні цілі):

- 1) надати основні відомості курсу фізики конденсованих середовищ, які складають важливу частину загально-фізичної та інженерної підготовки студента-магістра за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».
- 2) узагальнити відомі поняття курсів «Електрика та магнетизм», «Диференціальні рівняння та теорія ймовірностей», «Квантова механіка», «Методи математичної фізики», простежити взаємозв'язок об'єктів досліджень фізики конденсованого середовища з іншими компонентами підготовки; продемонструвати застосування теоретичних відомостей до розв'язання практичних та експериментальних задач;
- 3) покласти основу для застосування знань, умінь, навичок і комунікацій у професійній діяльності, розвиток логічного та аналітичного мислення студентів;
- 4) прищепити вміння розв'язувати прикладні задачі методами фізики конденсованого середовища.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 8. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК 10. Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК 11. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ФК 1. Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку інженерної виробничої або науково-технічної задачі, обирати методи та методиками, складати програми досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

ФК 2. Здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для виконання інженерних робіт або проведення науково-технічних розробок (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше).

ФК 3. Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти.

ФК 4. Здатність відповідно до поставленої задачі виконувати науково-технічні розробки в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

ФК 5. Здатність самостійно опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач

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 заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 50
1.1	основні поняття фізики конденсованого середовища	=//=	=//=	До 6
1.2	базові механізми перенесення тепла й електрики в конденсованих середовищах	=//=	=//=	До 6
1.3	квантові механізми, які зумовлюють надпровідність і надплинність	=//=	=//=	До 6
1.4	основні типи розсіювання електронів провідності в металах і в напівпровідниках	=//=	=//=	До 6
1.5	основні властивості феро- та антиферомагнетиків	=//=	=//=	До 6
1.6	основні поняття зонної структури напівпровідників	=//=	=//=	До 6
1.7	основи статистики рівноважних та нерівноважних носіїв у напівпровідниках	=//=	=//=	До 7
1.8	основні поняття фізики низько вимірних систем, зокрема графену.	=//=	=//=	До 7
2	студент повинен вміти :	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 35
2.1	отримувати основні рівняння для електро- й теплопровідності	=//=	=//=	До 7
2.2	аналізувати внесок різних механізмів розсіювання електронів у елетропровідність	=//=	=//=	До 7

2.3	отримувати в рамках методу ефективних мас вирази для енергії домішкових рівнів у напівпровідниках	==	==	До 7
2.4	отримувати вирази для залежності концентрації носіїв у напівпровіднику від його зонних параметрів і від температури	==	==	До 7
2.5	аналізувати причини відмінності властивостей низько вимірних матеріалів від об'ємних.	==	==	До 7
3	Комунікація	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів		до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування			До 5
4	Автономність та відповідальність	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 10
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів			До 10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання (назва)	Код															
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	4.1	
ПРН 1. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень, інженерно-технічних робіт на виробничих, науково-технічних, конструкторських, сервісних ділянках тощо.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+		
ПРН 2. Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.	+	+	+	+	+					+					+	
ПРН 4. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.											+	+	+		+	
ПРН 6. Коректно формулювати висновки у вигляді умов, критеріїв, числових оцінок, перевіряти, апробувати та представляти їх у аудиторії різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами											+	+	+		+	

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів: рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт і за результатами виконання самостійних завдань. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні і успішної здачі всіх лабораторних робіт наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.8 [знання] до 50 %;
- результат навчання 2.1 – 2.5 [вміння] – до 35%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 10%.

Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має два змістові модулі: у змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 5-9. Після завершення відповідних тем проводяться дві письмові модульні контрольні роботи. Для визначення рівня досягнення результатів навчання завдання для модульної контрольної роботи перевіряють уміння розв'язувати конкретні задачі функціональної електроніки та розбиратися в роботі конкретних приладів. Обов'язковим для допуску до заліку є написання 1-ї та 2-ї модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 15 балів.

- **підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Екзаменаційний білет заліку складається із 2 питань, кожне питання оцінюється від 0 до 20 балів. 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 результатами навчання 2 [вміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня (15 і 5 балів відповідно), оцінка за залік не може бути меншою 25 балів.

- **умови допуску до підсумкового заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, аніж *критично-розрахунковий мінімум 35 балів* за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 35 балів, для одержання допуску до заліку обов'язково повинні написати на необхідну порогову кількість балів додаткову контрольну роботу за матеріалом відповідного семестру та доскладають домашні завдання для підвищення балів за виконання самостійної роботи.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт 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:

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – балів	Max. – балів	Min. – балів	Max. – балів
Модульна контрольна робота 1	15	27		
Модульна контрольна робота 2			15	27
Виконання студентами самостійних робіт			5	6

Орієнтований графік оцінювання:

	Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання
Модульна контрольна робота 1	жовтень
Модульна контрольна робота 2	кінець листопада-початок грудня
Виконання студентами самостійних робіт	Початок грудня
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	грудень
Залік	друга половина грудня

Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі заліку:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Самостійна робота	Залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	15	15	5	25	60
Максимум	27	27	6	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Зараховано / Passed	90-100%
	75-89%
	60-74%
Не зараховано / Not passed	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	Вступ. Основні поняття та уявлення. Основні класи конденсованих середовищ.	4	-	8
2	Квазічастинки. Електро- й теплопровідність конденсованих середовищ	5	-	10
3	Основи зонної теорії конденсованих середовищ	4	-	8
4	Надпровідність і надплинність	4	-	8
5	Парамагнетики, феромагнетики й антиферомагнетики. Спінтроніка	5	-	10
6	Зонна структура напівпровідників	4	-	8
7	Статистика носіїв у напівпровідниках	4	-	8
8	Нерівноважні процеси в напівпровідниках. Основи фізики напівпровідникових приладів	5	-	10
9	Основи фізики низьковимірних систем. Графен	5	-	10
	Всього	40	-	80

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **40 год.**

Самостійна робота - **80 год.**

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Індивідуальне завдання з тем 1-8: за розділами підручника: М.А.Рувімський, Б.К.Остафійчук, М.О.Галушак, Д.М.Фреїк, М.М.Яцура. Курс загальної фізики. Квантова фізика атомів, молекул і конденсованих середовищ (Плай, Київ – Івано-Франківськ, 1998), за темою 9 – опрацювання огляду: Ю.О. Кругляк, М.В. Стріха. Узагальнена модель Ландауера-Датта-Лундстрома в застосуванні до транспортних явищ у графені // Український фізичний журнал. Огляди. – 2015. – т.10, №1. – С.3-32.

9. Рекомендовані літературні джерела:

1. P.Y.Yu, M.Cardona. Fundamentals of Semiconductors (Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2001).
2. V.V.Mitin, V.A.Kochelap, M.A.Stroscio. Quantum Heterostructures (Cambridge University Press, Cambridge, 1999).
3. A.M.Stoneham, Theory of Defects in Solids (Oxford University Press, Oxford, 2001)
4. C.Klingshirn. Semiconductor Optics (Springer, Berlin, Heidelberg, 2005).
5. H.Kalt, M.Hetterich (Eds) Optics of Semiconductors and Their Nanostructures (Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2004).
6. M.Lannoo and J.Bourgoin, Defects in Semiconductors (Springer-Verlag, Berlin, 1983).
7. Deep Centers in Semiconductors, Ed. by S.T.Pantelidis (Gordon and Breach, Switzerland, 1992).
8. E.N.Economou, Green's Functions in Quantum Physics (Springer-Verlag, Berlin, 1983).
9. B.K.Ridley. Quantum processes in semiconductors (Clarendon Press, Oxford, 1982).
10. J.Callaway, Quantum Theory of the Solid State (Academic, New York, 1967).
11. Ю.О. Кругляк, М.В. Стріха. Узагальнена модель Ландауера-Датта-Лундстрома в застосуванні до транспортних явищ у графені // Український фізичний журнал. Огляди. – 2015. – т.10, №1. – С.3-32.
12. І.М.Дмитренко. Електроніка і надхолод. (Київ, Наукова думка, 1969).
13. В.В.Покропивний, Л.В.Поперенко. Фізика наноструктур. (Київ, КНУ ім.Т.Г.Шевченка, 2008).
14. М.А.Рувімський, Б.К.Остафійчук, М.О.Галушак, Д.М.Фреїк, М.М.Яцура. Курс загальної фізики. Квантова фізика атомів, молекул і конденсованих середовищ (Плай, Київ – Івано-Франківськ, 1998).