

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора
з навчальної роботи

Сергій Шваб
«серпень» 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
КВАНТОВА ТЕОРІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки
(цифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(цифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма фізика
(назва освітньої програми)
спеціалізований
вибірковий блок Квантові комп'ютери, обчислення та інформація
(за наявності) (назва)
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання денна
Навчальний рік 2022/23
Семестр 7
Кількість кредитів ECTS 7
Мова викладання, навчання
та оцінювання українська
Форма заключного контролю іспит

Викладач: Андрєв В.О.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробник(и)²: Андрєєв В.О., доцент, канд. фіз.-мат. наук, кафедра теоретичної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри Теоретичної фізики
Решетняк (Решетняк В.Ю.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 19 від « 27 » Травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту³

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії Оліх (Оліх О.Я.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

³ У випадку читання дисципліни, яка не є профільною для факультету чи інституту обов'язковим є погодження з науково-методичною комісією профільного факультету. У випадку економічних та юридичних наук погодження із предметною комісією з економічних та юридичних наук при Науково-методичній раді Університету.

ВСТУП

1. Мета дисципліни:

Вивчення базових результатів, досягнутих у межах «Квантової теорії твердого тіла», оволодіння сучасними методами опису твердих тіл, набуття навичок розв'язування відповідних фізичних задач, сприяння розвитку логічного та аналітичного мислення студентів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати основні положення механіки, електродинаміки, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики, математичного аналізу, математичної фізики.
- Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, математичної фізики, основ векторного та тензорного аналізу та диференціальних рівнянь для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь та систем.
- Володіти елементарними навичками обчислення похідних, інтегралів, дій над операції з векторами, графічно будувати графіки функцій, визначати та розкладувати функції в ряд та інтеграл Фур'є. Вільно володіти навичками представлення дельта-функції, Гама-функції, Бета-функції.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Нормативна навчальна дисципліна «Квантова теорія твердого тіла» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», і є базовою для вивчення багатьох спеціальних дисциплін. Для оволодіння дисципліною необхідні знання стандартних курсів загальної фізики («Електрика», «Оптика»), теоретичної фізики («Класична механіка», «Електродинаміка», «Квантова механіка», «Термодинаміка та статистична фізика»), із стандартних математичних курсів («Математичний аналіз», «Лінійна алгебра», «Векторний та тензорний аналіз», «Теорія функцій комплексної змінної»), а також із деяких спеціальних курсів («Теорія груп»). Методи викладання: лекції, консультації, практичні заняття. Методи оцінювання: опитування в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, іспит (7 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40%) та іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі):

Освоєння студентами методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису задач з курсу «Квантова теорія твердого тіла», Також здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями з курсу «Квантова теорія твердого тіла», здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з всіх фізичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується складністю та невизначеністю умов.

загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).
- Здатність бути критичним і самокритичним (ЗК4)
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК13).

фахових:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики (ФК1).
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів (ФК2).
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3).
- Здатність моделювати фізичні системи та явища і процеси (ФК6).
- Здатність використовувати базові знання з фізики для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК7).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК10).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук (ФК13).

5. Результати навчання за дисципліною:

<i>Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1	1.1. Основні положення, щодо класифікації твердих тіл та їх симетрії	Лекції, практичні заняття	Реферат	8
	1.2. Основні положення, щодо опису енергетичного спектру квазічастинок у ідеальному кристалі	Лекції, практичні заняття	Задачі, усні відповіді.	4
	1.3. Основні положення, щодо опису енергетичного спектру квазічастинок у неідеальному кристалі.	Лекції, практичні заняття	Модульна контрольна робота	16
	1.4. Основні положення, щодо опису руху квазічастинок під дією зовнішнього поля.	Лекції, практичні заняття	Задачі, усні відповіді.	4
	1.5. Основні положення, щодо опису термодинамічних властивостей твердих тіл.	Лекції, практичні заняття	Задачі, усні відповіді.	4
	1.6. Основні закони розповсюдження електромагнітного поля в середовищах	Лекції, практичні заняття	Модульна контрольна робота	16
	1.7. Основні моделі, щодо врахування взаємодії між квазічастинками.	Лекції, практичні заняття	Задачі, усні відповіді	4
2	2.1. Надати визначення прямої та оберненої просторових ґраток, та навести приклади щодо їх застосування для опису кристалів.	Лекції, практичні заняття	Задачі, усні відповіді	4
	2.2. Довести теорему Блоха, для опису станів квазічастинок у кристалі.	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.3. Знайти спектр коливань кристалічної ґратки.	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.4. Знайти спектр екситонів Френкеля.	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.6. Знайти спектр електронів у	Лекції, практичні	Самостійна	4

	наближенні слабкого зв'язку.	заняття	робота	
	2.7. Знайти спектр електронів у наближенні сильного зв'язку.	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.8. Описати термодинамічні властивості носіїв струму у напівпровідниках.	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.9. Розв'язувати основні типи задач про відгук суцільного середовища на електромагнітне поле	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.10 Розв'язувати основні типи задач про розповсюдження електромагнітного поля в заданому середовищі	Лекції, практичні заняття	Самостійна робота	4
	2.11 Розв'язувати основні типи задач про ефекти врахування взаємодії між квазічастинками	Лекції, практичні заняття	Реферат	8

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни			1	2
Програмні результати навчання				
1.ПРН1.	Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.		+	+
2.ПРН4.	Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.		+	+
3.ПРН5.	Знати основні актуальні проблеми сучасно фізики та астрономії		+	+
4.ПРН9.	Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.			
5.ПРН17.	Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.			

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів, які включають в себе всього 44 лекції та 30 практичних занять.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання 7 семестр:

1. Модульна контрольна робота РН 1.3 (10 балів).
2. Модульна контрольна робота РН 1.7 (10 балів).
3. Реферат РН 1.1, та 1.7 (5 балів, 5 балів, відповідно).
4. Задачі, усні відповіді (10 балів).

- підсумкове оцінювання у формі іспиту ¹.

	ЗМ1	ЗМ2	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	12	12	36	60
Максимум	20	20	60	100

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше **24 балів**.²

Оцінка за іспит не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Отже,

1. Підсумкове оцінювання у формі іспиту. На іспиті максимально можна отримати 60 балів.

2. Умови допуску до іспиту:

- **Обов'язково здати два реферати, написані власноруч з виведенням всіх формул по темі;**
- **Здати розв'язок не менше 30 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;**
- **Пройти письмову перевірку знань та розумінь моделей КТГТ у формі диктанту.**

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

Контроль здійснюється за модульно - рейтинговою системою, яка складається із 2-х змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Студент може отримати максимально 40 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, тести, доповнення на практичних заняттях. Модульний контроль: 2 модульні контрольні роботи. Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 20 балів. Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (60 балів). Екзаменаційний білет включає 2 теоретичні питання (по 20 балів) та задачу (20 балів).

ШКАЛА ВІДПОВІДНОСТІ ОЦІНОК

¹ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (якщо дисципліна завершується екзаменом (заліком), то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **40 балів (40%) – семестровий контроль і 60 балів (60%) – екзамен (залік)**).

² У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом (заліком) не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 24 балів**, оскільки якщо студент на екзамені (заліку) набрав менше **36 балів** (а це 60% від 60 балів, відведених на екзамен (залік)), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній (заліковій) відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	Вступ. Класифікація твердих тіл.	2	2	8
2	Симетрія кристалів та її наслідки.	2	2	8
3	Загальні властивості ідеального газу квазічастинок у ідеальному кристалі.	4	2	12
4	Енергетична структура ідеальних кристалів, обумовлена коливаннями кристалічної ґратки. Фонони.	4	4	14
5	Методи опису енергетичної структури електронної підсистеми ідеального кристалу у одночастинковому наближенні.	6	2	14
6	Методи опису руху електронів під дією зовнішніх сил. Наближення ефективної маси.	4	2	12
7	Термодинамічні властивості фононів та електронів у ідеальних кристалах.	6	4	14
8	Модульна контрольна робота 1		2	
9	Екситони Френкеля та Ваньє – Мотта.	4	2	12
10	Локальні стани квазічастинок	4	2	12
11	Оптичні властивості кристалів.	4	2	15
12	Ефекти, що впливають з врахування взаємодіє між квазічастинками.	4	2	14
13	Модульна контрольна робота 2		2	
Всього		44	30	135

Загальний обсяг 210 год, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **44** год.

Практичні заняття – 30 год.
Лабораторні заняття - ____ год.
Тренінги - ____ год.
Консультації - 1 год.
Самостійна робота –135 год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

ОСНОВНА

1. Пінкевич І. П., Сугаков В.Й. Теорія твердого тіла. - К.: Видавничий центр «Київський університет», 2006.
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. - М.: Мир, 1974.
3. Третяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників: – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – Т. 1.. ISBN 966-594-871-7 – Загальний ISBN 966-594-872-5 – Т. 1

ДОДАТКОВА

1. Давыдов А. С. Теория твердого тела. - М.: Наука, 1976.
2. Китель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978.
3. Китель Ч. Квантовая теория твердых тел. - М.: Наука, 1967.
4. Харрисон У. Теория твердого тела. - М.: Мир, 1972.
5. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников. - М.: Наука, 1978.
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1979.
7. Марадудин А., Монролл Э., Вейсс Дж. Динамическая теория кристаллической решетки в гармоническом приближении. - М.: Мир, 1965.
8. Каллуэй Дж. Теория энергетической зонной структуры. - М.: Мир, 1969.
9. Агранович В.М. Теория экситонов. - М.: Наука, 1968.