

Додаток 4

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра фізики низьких температур

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

(вказати назву структурного підрозділу)

Вовк Руслан Володимирович

(вказати П.І.Б керівника)

“ \_\_\_\_\_ ” 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Сучасні проблеми фізики**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 10 природничі науки  
(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія (ОНП)  
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-наукова програма «Фізика»

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр, назва)

вид дисципліни нормативна  
факультет фізичний

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«30» серпня 2024 року, протокол № 9.

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:** (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Тарапов Сергій Іванович, доктор фіз.-мат. наук, член-кор. НАНУ, професор;

Майзеліс Захар Олександрович, доктор фіз.-мат. наук, професор;

Петрушенко Сергій Іванович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «26» серпня 2024 року № 14.

В.о. завідувача кафедри фізики низьких температур

 Валерій ШКЛОВСЬКИЙ

(підпис)

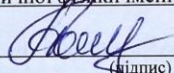
(ім'я та

прізвище)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «\_\_» серпня 2024 року № \_\_.

Завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка М. Ліфшиця



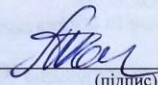
( Рашба Г.І.)

(прізвище та ініціали)

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної оптики

Протокол від “\_\_” серпня 2024 року, № \_\_

В.о. завідувача кафедри фізичної оптики




( Тарапов С.І.)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «28» серпня 2024 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету

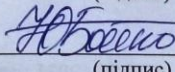


Микола МАКАРОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Гарант ОНП



Юрій БОЙКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра фізики низьких температур

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

\_\_\_\_\_ (вказати назву структурного підрозділу)

Вовк Руслан Володимирович

\_\_\_\_\_ (вказати П.І.Б керівника)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Сучасні проблеми фізики**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 10 природничі науки

(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія (ОНП)

(шифр, назва спеціальності)

освітньо-наукова програма «Фізика»

спеціалізація \_\_\_\_\_

(шифр, назва)

вид дисципліни нормативна

факультет фізичний

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«30» серпня 2024 року, протокол № 9.

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:** (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Тарапов Сергій Іванович, доктор фіз.-мат. наук, член-кор. НАНУ, професор;

Майзеліс Захар Олександрович, доктор фіз.-мат. наук, професор;

Петрушенко Сергій Іванович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «26» серпня 2024 року № 14.

В.о. завідувача кафедри фізики низьких температур

\_\_\_\_\_ Валерій ШКЛОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я та

прізвище)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «\_\_\_» серпня 2024 року № \_\_\_.

Завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ( Рашба Г.І.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної оптики

Протокол від “ \_\_\_ ” серпня 2024 року, № \_\_\_

В.о. завідувача кафедри фізичної оптики \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ( Тарапов С.І.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «28» серпня 2024 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету

\_\_\_\_\_ Микола МАКАРОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Гарант ОНП \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Юрій БОЙКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні проблеми фізики» укладена відповідно до освітньо-професійних програм «Фізика» підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)  
спеціальності 104 Фізика та астрономія (ОНП).

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни є

- вивчення студентами методів досліджень контактів Діозефсона та ефектів у надпровідниках зі слабкими зв'язками, ознайомлення з принципами вимірювань фізичних характеристик надпровідників, отримання теоретичних і практичних навиків в галузі вивчення твердих тіл при низьких температурах;

- оволодіння студентами уявлень про люмінесценцію і процеси, пов'язані з фотопровідністю у напівпровідниках;

- оволодіння основоположними уявленнями про оптичні властивості метаматеріалів, про історію та сучасний стан експериментальних досліджень метаматеріалів та про відповідні теоретичні засади;

осолодіння уявленнями про принцип побудови квантового комп'ютера та про алгоритми квантового обчислення.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни є

- сформувані у студентів фізичні уявлення щодо основних квантових когерентних явищ у надпровідниках зі слабкими зв'язками. Ознайомити студентів із технікою моделювання явищ в системах надпровідників;

- сформувані у студентів фізичні уявлення щодо люмінесценції у різноманітних середовищах у рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно;

- вивчити матеріал щодо властивостей метаматеріалів у рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно.

- досліджувати еволюцію квантово-механічних систем за допомогою вирішення квантового квантового кінетичного рівняння, аналізувати і порівнювати ефективність дії квантових алгоритмів при різних реалізаціях квантового комп'ютера, користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи вирішення задач побудови квантових алгоритмів.

1.3. Кількість кредитів : 8

1.4. Загальна кількість годин : 240

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
5-й	-й
Семестр	
9-й	-й
Лекції	
144 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
96 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

#### 1.6. Заплановані результати навчання.

Студенти повинні досягти таких результатів навчання:

**знати:**

- квантові явища у надпровідниках зі слабкими зв'язками, принципи застосування надпровідників зі слабкими зв'язками для вивчення фізичних властивостей матеріалів;
- основні теоретичні положення для опису люмінесцентних властивостей середовищ;
- головні відомі експериментальні результати та теорії таких середовищ; фотоприлади, що функціонують з використанням люмінесценції та фотопровідності;
- основні теоретичні положення для опису оптичних властивостей метаматеріалів;
- головні відомі експериментальні результати досліджень мета матеріалів;
- Знати, розуміти та бути здатним застосовувати на професійному рівні принципи і підходи до опису основних моделей побудови квантових бітів, проблеми побудови з них квантових комп'ютерів та ідеї алгоритмів квантового обчислення з метою розв'язування типових фізичних задач.

**вміти:**

- вести та самостійно доповнювати конспекти лекцій, опрацьовувати як навчальну так і спеціальну фахову (також і періодичну) наукову літературу, здійснювати самоконтроль якості засвоєння теоретичних знань;
- застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних при дослідженнях люмінесцентних середовищ;
- застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних при дослідженнях оптичних мета матеріалів;
- бути здатним застосовувати математичні знання з квантової статистики з метою дослідження квантових систем на можливість використання їх в якості квантового біту інформації, складати простіші алгоритми квантового комп'ютингу.



**Тематичний план навчальної дисципліни****Частина 1. Слабка надпровідність****Розділ 1. Слабка надпровідність**

Тема 1. Характеристика предмета курсу. Стаціонарний та нестаціонарний ефекти Джозефсона. Різновиди слабких зв'язків. Огляд методів отримання контактів Джозефсона.

Тема 2. Алгоритм моделювання вольт-амперних характеристик контактів у межах резистивно-ємнісної моделі методом Рунге-Кутта.

Тема 3. Тунельний ефект у надпровідниках. Розгляд вольт-амперних характеристик тунельних контактів у рамках теорії Бардіна-Купера-Шріффера.

Тема 4. Тунельна модель контакту Джозефсона. Вираз Амбегаокера-Баратова для температурної залежності критичного струму.

Тема 5. Вольт-амперні характеристики контактів Джозефсона. Резистивно-ємнісна модель контакту. Залежність напруги на контакті від струму в рамках резистивно-ємнісної моделі контакту. Вплив ємності контакту та шумів на вольт-амперну характеристику контакту.

Тема 6. Застосування методу амплітуд, які повільно змінюються, для рішення задачі дії змінного струму на контакт.

Тема 7. Лондонівська глибина проникнення магнітного поля. Квантування магнітного потоку у надпровідних циліндрах.

Тема 8. Розрахунок вольт-амперних характеристик контактів методом амплітуд, які повільно змінюються. Вольт-амперні характеристики контактів у зовнішніх системах.

Тема 9. Електродинаміка контактів Джозефсона у магнітному полі. Рівняння синус-Гордона та його рішення.

Тема 10. Теорія синхронізації випромінювання контактів. Синхронізація випромінювання контактів у ланцюгу з індуктивним та резистивним навантаженням, у резонаторі та у довгій лінії.

Тема 11. Залежності критичного струму контакту від магнітного поля при однорідному та неоднорідному розподілах критичного струму.

Тема 12. Залежності критичного струму контакту від магнітного поля при фрактальному розподілі критичного струму.

Тема 13. Надпровідні кільця з одним та двома контактами.

Тема 14. Асиметричний інтерферометр. Ефект випрямлення напруги.

Тема 15. Критичний струм двохконтактного інтерферометра. Вимірювання магнітного поля за допомогою двохконтактних інтерферометрів.

Тема 16. Ефект Ааронова - Бома в надпровідних контурах з контактами Джозефсона.

Тема 17. Контакт Джозефсона як квантова двошівнева система. Осциляції Рабі в двошівневій системі. Переплутування квантових станів.

Тема 18. Енергія контакту Джозефсона. Фазовий, потоковий та зарядовий кубіти. Математичне моделювання потокового кубіту.

Тема 19. Резонансні моди у контактах. Теорія сходинок Фіске у зовнішньому магнітному полі для контактів з малими та великими значеннями добротності. Сходинки нульового поля у контактах з неоднорідним розподілом критичних струмів.

Тема 20. Дія зовнішнього випромінювання на контакт. Сходинки Шапіро на вольтамперній характеристиці контакту. Використання контактів Джозефсона у метрології.

Тема 21. Джозефсонівські вихорі у довгих контактах. Довгий контакт як джерело випромінювання електромагнітних хвиль.

Тема 22. Електродинаміка надпровідних шаруватих структур (пачок контактів Джозефсона). Моди електромагнітних коливань у пачках. Синфазна та антифазна моди електромагнітних коливань у пачці з двох контактів. Резонансна взаємодія мод з стоячими хвилями.

Тема 23. Внутрішній ефект Джозефсона у високотемпературних надпровідниках. Високотемпературні надпровідники як джерела субтерагерцового та терагерцового випромінювання. Моделювання випромінювання високотемпературних надпровідників.

Тема 24. Статичний та динамічний ефекти Казимира. Умови отримання динамічного ефекту Казимира у надпровідній довгій лінії. Експериментальна реалізація динамічного ефекту Казимира.

## Частина 2. Сучасні аспекти теорії та використання люмінесценції

### Розділ 1. Загальні питання люмінесценції

- Тема 1. Визначення, природа та застосування люмінесценції. Види люмінесценції. Класифікація люмінесценції за типом збудження. Спектри люмінесценції. Діаграми Яблонського.
- Тема 2. Фотопровідність. Зовнішній та внутрішній фотоэффект. Відхилення від законів фотоэффекту. Види фотопровідності. Внутрішньозонна фотопровідність. Охолодження носіїв. Спектр фотоносіїв.
- Тема 3. Спонтанне та вимушене випромінювання. Зв'язок між коефіцієнтами Ейнштейна. Застосування вимушеного випромінювання. Потужність люмінесценції
- Тема 4. Особливості збудження та гасіння люмінесценції. Позитивна та негативна люмінесценція. Правило Стокса. Антистоксова люмінесценція. Універсальне співвідношення Степанова. Енергетичний та квантовий вихід люмінесценції. Поляризація люмінесценції
- Тема 5. Основні закони люмінесценції. Теорема Паулі. Хімічний потенціал. Люмінесценція систем з різною силою зв'язку (за Фьорстером). Вихід люмінесценції (закони Вавілова). Види гасіння люмінесценції. Інтенсивність люмінесценції, її зв'язок із вектором Пойнтінга. Адіабатичне наближення. Коливально-обертальні взаємодії. Ефекти Яна–Теллера

### Розділ 2. Вплив перенесення енергії збудження на люмінесценцію

- Тема 1. Прояв переносу енергії збудження у люмінесцентному процесі. Мультиполі. Наближення дворівневої системи. Диполь-дипольна взаємодія
- Тема 2. Диполь-дипольне перенесення енергії у жорстких розчинах. Кінетика затухання числа донорів. Кінетика висвітлення акцепторів. Вихід люмінесценції та середній час життя донорів. Урахування ближнього порядку. Усереднення ймовірності перенесення при великих концентраціях акцептора
- Тема 3. Диполь-дипольне перенесення енергії у рідких розчинах. Модель суцільного



поглинаючого середовища. Модель «повного перемішування». Диполь-дипольне перенесення з урахуванням дифузії молекул.

### **Розділ 3. Особливості люмінесценції у різних видах середовищ**

- Тема 1. Діелектрики, напівпровідники, провідники: енергія взаємодії у системах з різним типом зв'язку. Елементи зонної теорії, границі її застосовності. Стрибковий механізм перенесення носіїв. Інтеграл перенесення. Перенесення локалізованих носіїв заряду. Вплив поляризації. Енергетична діаграма молекулярного кристала
- Тема 2. Особливості розміну носіїв заряду і люмінесценція у неорганічних напівпровідниках. Хімічний зв'язок та властивості неорганічних напівпровідників. Дефекти у кристалах, їх основні характеристики. Особливості руху електронів твердого тіла у електричних, магнітних, теплових полях. Рівняння руху електронів у кристалічній ґратці. Квазічастинка дірка

### **Розділ 4. Джерела світла**

- Тема 1. Лампи розжарювання. Світлодіоди, принцип їхньої роботи, переваги світлодіодів. Органічні світлодіоди OLED
- Тема 2. Лазерний діод. Види лазерних діодів. Застосування лазерних діодів. Суперлюмінесцентні діоди. Напівпровідникові лазери, їх типи

### **Розділ 5. Сцинтилятори**

- Тема 1. Сцинтилятори: загальні характеристики, енергія зв'язку, Ван-дер-Ваальсові радіуси, іонні радіуси. Формування структури сцинтиляторів. Пластмасові сцинтилятори. Рідкі сцинтилятори. Композиційні сцинтилятори. Полікристалічні сцинтилятори
- Тема 2. Іонізуюче випромінювання. Процеси, що виникають під дією іонізуючого випромінювання. Енергія зв'язку сцинтиляторів. Ковзні та лобові зіткнення. Треки частинок. Первинні короткоживучі збуджені стани. Плазмони, особливості їхнього збудження у різноманітних речовинах. Суперзбуджені стани
- Тема 3. Загальні аспекти застосування сцинтиляторів. Оцінювання впливу безпосередньо іонізуючих випромінювань. Рекомбінаційна радіолюмінесценція лужно-галоїдних кристалів, органічних конденсованих середовищ. Кінетика формування імпульсу радіолюмінесценції. Радіолюмінесценція у областях із високою/низькою щільністю активації. Відмінності у формуванні сцинтиляційних спалахів у неорганічних та органічних сцинтиляторах

### **Розділ 6. Порівняльні характеристики люмінесцентних наноб'єктів**

- Тема 1. Люмінесцентні наночастинки та нанокомпозити для зчитування та формування зображень. Міжмолекулярні зв'язки, кристалічність та упорядкування. Взаємодія на поверхні. Нанорозмірні флуоресцентні випромінювачі
- Тема 2. Порівняння оптичних властивостей органічних барвників, квантових точок та срібних кластерів. Зелені флуоресцентні білки. Спряжені полімери. Напівпровідникові квантові точки. Люмінесцентні наночастинки з ап-конверсією.

## **Частина 3 . Метаматеріали**

### **Розділ 1. Штучні діелектрики та штучні магнетики**

- Тема 1. Штучні діелектрики та штучні магнетики.

### **Розділ 2. Рівняння Максвела. Матеріальні параметри природних та штучних середовищ**

- Тема 1. Рівняння Максвела. Матеріальні параметри природних та штучних середовищ.

### **Розділ 3. Фізична природа магнітної та діелектричної проникності**

- Тема 1. Магнітна проникність, її дисперсія. Джерела дисперсії. Магнітна проникність поблизу електронного спінового резонансу. Феноменологічне рівняння Блоха для магнітного моменту (спіну). Розв'язання рівняння Блоха.
- Тема 2. Фізична природа діелектричної проникності. Дисперсія діелектричної проникності. Закон Друде для природних провідників і діелектриків. Закон Друде для природних матеріалів з урахуванням втрат та без їх урахування. Закон Друде для метаматеріалів.

### **Розділ 4. Дисперсія магнітної та діелектричної проникності метаматеріалів**

- Тема 1. Частотна та просторова дисперсія магнітної та діелектричної проникності метаматеріалів. Діапазони негативних та позитивних значень діелектричної та магнітної проникності.

### **Розділ 5. Фотонні кристали**

- Тема 1. Поняття зонної структури спектра у фотонних та природних кристалах. Формування зонної структури енергетичного спектра природного матеріалу. Задача Кроніга–Пенні. Дисперсійне рівняння для хвилі де Бройля.
- Тема 2. Формування зонної структури частотного спектра фотонного кристала. Просторово обмежений та необмежений фотонний кристал.
- Тема 3. Метод матриць передачі. Хвиля Блоха в одновимірному фотонному кристалі. Дисперсійне рівняння для фотонного кристала як аналог дисперсійного рівняння для хвилі де Бройля.
- Тема 4. Магнітофотонний кристал. Звичайні та незвичайні хвилі.
- Тема 5. Стан Тамма, його природа. Задача Ліфшиця–Пекара. Поверхневі стани (як найзагальніший випадок стану Тамма) у спектрі природного кристала.
- Тема 6. Поверхневі стани у спектрі фотонного кристала як електродинамічний аналог станів Тамма у природному кристалі.
- Тема 7. Вісесиметричний фотонний кристал. Збільшення ефекту Фарадея.
- Тема 8. Дефекти у фотонному кристалі. Спотворення спектра, дефектні моди. Керування дефектними модами у магнітоактивному (електроактивному) фотонному кристалі.
- Тема 9. Явище проходження світла крізь структуру поза межних отворів. Поза межний хвилевід. Принципи металооптики (проходження крізь тонкі пластини, явище просвітлення).
- Тема 10. Планарні фотонні кристали

### **Розділ 6. Лівобічні метаматеріали**

- Тема 1. Загальні уявлення про природу від'ємної рефракції. Граничний перехід від фотонного кристала до метаматеріалу у вигляді «суцільного середовища».
- Тема 2. Від'ємна діелектрична проникність і її природа у: а) природних середовищах; б) штучних середовищах.
- Тема 3. Від'ємна магнітна проникність і її природа у: а) природних середовищах; б) штучних середовищах.
- Тема 4. Формування зворотної хвилі в одновимірному шаруватому метаматеріалі.

### **Розділ 7. Енантіоморфні / Кіральні / Гіротропні матеріали**

- Тема 1. Оптична активність у фізиці твердого тіла. Гіротропія. Плоско- та циркулярно поляризовані хвилі.
- Тема 2. Магнітна гіротропія. Ефект Фарадея. Загальне та відмінне в ефекті Фарадея для природних середовищ та штучних (метаматеріалів).
- Тема 3. Лівобічний киральний метаматеріал.

## **Частина 4. Квантовий комп'ютер**

### **Розділ 1. Принципи побудови і оперування квантових комп'ютерів**

- Тема 1. Основні принципи квантової інформації.

- Тема 2. Гамільтонова динаміка дворівневої системи.  
 Тема 3. Методи контролю дворівневих систем.  
 Тема 4. Квантове кінетичне рівняння.  
 Тема 5. Застосування квантового кінетичного рівняння.  
 Тема 6. Рівняння Блоха-Редфільда.  
 Тема 7. Основні носії квантової інформації.  
 Тема 8. Молекулярні кюбіти.  
 Тема 9. Надпровідникові кюбіти.

### Розділ 2. Квантові алгоритми та їх застосування

- Тема 10. Квантові і класичні алгоритми.  
 Тема 11. Квантовий паралелізм.  
 Тема 12. Квантова теорема про неможливість копіювання інформації.  
 Тема 13. Алгоритм Саймона.  
 Тема 14. Алгоритм Шора.  
 Тема 15. Декогеренція у квантових комп'ютерах.  
 Тема 16. Методи зчитування інформації.  
 Тема 17. Точні та не деструктивні методи аналізу.  
 Тема 18. Перспективи розвитку квантового комп'ютерингу.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин												
	денна форма						заочна форма						
	усього	у тому числі					Усього	у тому числі					
л		п	лаб.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Частина 1.</b>													
<b>Розділ 1.</b>													
Тема 1	3	2				1							
Тема 2	3	2				1							
Тема 3	4	2				2							
Тема 4	3	2				1							
Тема 5	3	2				1							
Тема 6	4	2				2							
Тема 7	3	2				1							
Тема 8	4	2				2							
Тема 9	3	2				1							
Тема 10	3	2				1							
Тема 11	4	2				2							
Тема 12	3	2				1							
Тема 13	3	2				1							
Тема 14	3	2				1							
Тема 15	4	2				2							
Тема 16	3	2				1							
Тема 17	3	2				1							
Тема 18	4	2				2							
Тема 19	3	2				1							
Тема 20	3	2				1							
Тема 21	4	2				2							
Тема 22	3	2				1							



Тема 2	2	1			1						
Тема 3	2	1			1						
Тема 4	2	1			1						
Тема 5	2	1			1						
Тема 6	2	1			1						
Тема 7	2	1			1						
Тема 8	2	1			1						
Тема 9	3	1			2						
Тема 10	4	2			2						
<b>Разом за розділом 5</b>	<b>23</b>	<b>11</b>			<b>12</b>						
Розділ 6.											
Тема 1	3	2			1						
Тема 2	3	2			1						
Тема 3	3	2			1						
Тема 4	3	2			1						
<b>Разом за розділом 6</b>	<b>12</b>	<b>8</b>			<b>4</b>						
Розділ 7.											
Тема 1	3	2			1						
Тема 2	3	2			1						
Тема 3	3	2			1						
<b>Разом за розділом 7</b>	<b>9</b>	<b>6</b>			<b>3</b>						
<b>Разом за частиною 3</b>	<b>60</b>	<b>36</b>			<b>24</b>						

## Частина 4.

## Розділ 1.

Тема 1	3	2			1						
Тема 2	3	2			1						
Тема 3	3	2			1						
Тема 4	3	2			1						
Тема 5	3	2			1						
Тема 6	4	2			2						
Тема 7	3	2			1						
Тема 8	3	2			1						
Тема 9	4	2			2						
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>29</b>	<b>18</b>			<b>11</b>						

## Розділ 2

Тема 1	4	2			2						
Тема 2	3	2			1						
Тема 3	3	2			1						
Тема 4	3	2			1						
Тема 5	3	2			1						
Тема 6	3	2			1						
Тема 7	4	2			2						
Тема 8	4	2			2						
Тема 9	3	2			2						
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>31</b>	<b>18</b>			<b>13</b>						
<b>Разом за частиною 4</b>	<b>60</b>	<b>36</b>			<b>24</b>						
<b>Разом</b>	<b>240</b>	<b>144</b>			<b>96</b>						

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Не передбачені навчальним планом.

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Ознайомитись з стаціонарним та нестаціонарним ефектом Джозефсона та ізновиди слабких зв'язків. Огляд методів отримання контактів Джозефсона.	1
2	Розробити програму моделювання вольт-амперних характеристик контактів методом Рунге-Кутта.	1
3	Вивчити вольт-амперні характеристики N-I-N, S-I-N та S-I-S контактів. Застосувати вирази густини станів у рамках теорії Бардіна-Купера-Шріффера для пояснення вольт-амперних характеристик S-I-N та S-I-S контактів.	2
4	Проаналізувати вираз Амбегаокера-Баратова для температурної залежності критичного струму для контакту $S_1$ -I- $S_2$ (контакту з різними надпровідниками на берегах ізоляційного бар'єру).	1
5	Розрахувати амплітуди гармонік джозефсонівського випромінювання для резистивної моделі контакту. Змодельувати вольт - амперні характеристики контактів з ємністю.	1
6	Проаналізувати утворення «сходинки» струму на вольт-амперній характеристиці при збільшенні амплітуди змінного струму на контакт.	2
7	Вивчити математичну модель ефекту Мейсснера та проаналізувати вираз для лондонівської глибини проникнення магнітного поля в надпровідники. Проаналізувати причини явища квантування магнітного потоку у надпровідних циліндрах.	1
8	Знайти вольт-амперну характеристику контакту в резистивній моделі при приєднанні конденсатору з заданою ємністю до контакту.	2
9	Ознайомитись з впливом магнітного поля на контакт Джозефсона. Розглянути інший спосіб отримання рівняння синус-Гордона при розгляді контакту Джозефсона як довгої лінії.	1
10	Знайти рішення укорочених рівнянь синхронізації випромінювання ланцюга з двох контактів з ємностями та з індуктивним, резистивним та ємнісним навантаженням.	1
11	Побудувати залежності критичного струму від магнітного поля в контакт з двома широкими бар'єрами різної довжини по краях та непроникною для струму серединою.	2
8	Знайти вольт-амперну характеристику контакту в резистивній моделі при приєднанні конденсатору з заданою ємністю до контакту.	2
9	Ознайомитись з впливом магнітного поля на контакт Джозефсона. Розглянути інший спосіб отримання рівняння синус-Гордона при розгляді контакту Джозефсона як довгої лінії.	1
10	Знайти рішення укорочених рівнянь синхронізації випромінювання ланцюга з двох контактів з ємностями та з індуктивним, резистивним та ємнісним навантаженням.	1
11	Побудувати залежності критичного струму від магнітного поля в контакт з двома широкими бар'єрами різної довжини по краях та непроникною для струму серединою.	2



12	Знайти вираз для залежності критичного струму контакту від магнітного поля при розподілі критичного струму з різними канторівськими фрактальними розмірностями.	1
13	Вивчити умови квантування магнітного потоку в надпровідних кільцях з одним та двома контактами. Побудувати залежності екрануючого струму від магнітного поля для таких систем при різних значеннях індуктивності кільця.	1
14	Побудувати залежності критичного струму від магнітного поля для асиметричного інтерферометру. Проаналізувати випромінювання напруги в такому інтерферометрі.	1
15	Вивчити принцип вимірювання магнітного поля за допомогою двохконтактного інтерферометра.	2
16	Ознайомитися з ефектом Ааронова - Бома в надпровідних контурах з контактами Джозефсона.	1
17	Опрацювати теорію осциляцій Рабі в двохрівневій системі та теорію переплутування квантових станів.	1
18	Вивчити принципи дії фазового, потокового та зарядового кубітів. Змодельовати потоковий кубіт.	2
19	Вивчити вплив геометричних розмірів контактів на їх вольт - амперні характеристики. Змодельовати сходинки Фіске.	1
20	Проаналізувати зміну амплітуди сходинок Шапіро на вольт-амперній характеристиці з номером сходинки.	1
21	Визначити параметри, які дозволяють отримати випромінювання від контакту при руху вихорів.	2
22	Ознайомитись з явищем розщеплення сходинок Фіске у пачках контактів Джозефсона з індуктивною взаємодією.	1
23	Проаналізувати експериментальні результати, які дозволяють розглядати структуру шаруватих високотемпературних надпровідників як пачки внутрішніх контактів Джозефсона. Визначити, які параметри дозволяють отримати найбільш високу частоту випромінювання від високотемпературних надпровідників.	2
24	Ознайомитись з динамічним ефектом Казимира в надпровідній довгій лінії.	1
25	Ознайомитись з особливостями люмінесценції у діелектриках, напівпровідниках та провідниках	2
26	Ознайомитись з порівняльними характеристиками різних джерел випромінювання (світлодіоди, лазерні діоди тощо)	3
27	Ознайомитись із характеристиками радіолюмінесцентних сцинтиляторів при високій/низькій щільності активації	3
28	Ознайомитись з особливостями люмінесценції середовищ, що включають люмінесцентні наночастинки	4
29	Ознайомитись із типами штучних діелектриків та штучних магнетиків	2
30	Ознайомитись із впливом матеріальних параметрів середовищ на розв'язання рівнянь Максвелла	2
31	Ознайомитись із розв'язанням рівняння Блоха для магнітного моменту.	2
32	Ознайомитись із законом Друде для природних провідників, діелектриків та мета матеріалів	2
33	Ознайомитись із діапазонами негативних та позитивних значень діелектричної та магнітної проникності	2
34	Ознайомитись із засадами формування зонної структури частотного спектра фотонного кристала	2
35	Ознайомитись із методом матриць передачі	2
36	Ознайомитись із звичайними та незвичайними хвилями у магнітофотонному кристалі	2

37	Ознайомитись із станами Тамма та їхньою природою	2
38	Ознайомитись із ефектом Фарадея у фотонному кристалі	2
39	Ознайомитись із спотвореннями спектра та дефектними модами у фотонному кристалі	2
40	Ознайомитись із явищами проходження світла крізь структуру поза межних отворів, крізь тонкі металічні пластини	2
41	Ознайомитись із явищем від'ємної рефракції	2
42	Ознайомитись із засадами формування зворотної хвилі в одновимірному фотонному кристалі	2
43	Ознайомитись із явищами оптичної активності, гіротропії	2
44	Ознайомитись із властивостями лівобічних кіральних метаматеріалів	2
45	Ознайомитись з перевагами квантового комп'ютингу над класичним.	1
46	Розглянути задачу про дворівневу систему у гармонічному полі.	1
47	Ознайомитись з поняттями про Пі- та пі-на-чотири імпульси.	1
48	Розглянути квантове кінетичне рівняння для осцилятора.	1
49	Розглянути кінетичне рівняння для зет-зет взаємодії.	1
50	Ознайомитись з рівняння Блоха-Редфільда для зет-зет взаємодії.	2
51	Прочитати про твердотільні к'юбіти.	1
52	Зчитування інформації для молекулярних к'юбітів.	1
53	Ознайомитись з поняттям про час релаксації над провідникових к'юбітів.	2
54	Ознайомитись із сучасними поняттями про зростання складності алгоритмів.	2
55	Ознайомитись із методами зчитування інформації для задач, що вирішуються паралельно.	1
56	Додаткова інформація та ефективність передачі інформації.	1
57	Знаходження періоду функції за допомогою квантового комп'ютеру.	1
58	Застосування алгоритму Шора.	1
59	Обмеження на час роботи алгоритму.	1
60	Зчитування інформації у над провідникових к'юбітах.	2
61	Вимірювання комплексної координати осцилятора не деструктивним методом.	2
62	Ознайомитись із сучасними реалізаціями к'юбітів.	2
<b>Разом</b>		<b>96</b>

## 6. Індивідуальні завдання

Навчальним планом не передбачені

## 7. Методи контролю

Опитування студентів, проведення консультацій; семестровий екзамен.

## 8. Схема нарахування балів

для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену або залікової роботи

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Екзамен	Сума
Частина 1	Частина 2	Частина 3	Частина 4	Разом		
Розділ 1	Розділ 1 - 6	Розділ 1 - 7		40	60 балів	100 балів
10 балів	10 балів	10 балів	10 балів	балів		

### Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів із навчальної дисципліни

Навчальні досягнення студентів з навчальної дисципліни «Сучасні проблеми фізики» оцінюються в балах, максимальна загальна сума яких становить 100. Вона складається із 40 балів, які студент може отримати протягом семестру в результаті проходження поточного контролю, та 60 балів, які студент може отримати в результаті проходження підсумкового контролю у вигляді екзамену.

Ступінь засвоєння знань студентами (поточний контроль знань) проводиться шляхом їх усного або письмового опитування у під час лекційних занять. Максимальна кількість балів за вичерпні відповіді на запитання за умови стовідсоткового відвідування лекційних занять складає 40 (по 10 балів за кожну частину навчальної дисципліни).

Екзаменаційне білет складається із 4 завдань відкритого типу, сформульованих у вигляді конкретних вузлових питань за програмою навчальної дисципліни. Вичерпна відповідь на кожне з них повинна бути аргументованою, чітко, логічно та послідовно викладеною. За необхідності висновок повинен підсумовувати або узагальнювати викладене. Правильне виконання кожного з 4 завдань, що входять до екзаменаційного білета, оцінюється 15 балами.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9.

### Рекомендована література

#### Основна література

1. Serdukiov, I Senchenko, S Tretyakobv, A Sihvola Electromagenitc of Bi-anisotorpic Materials: Theory and Applications A, Gordon and Breach Science Publishers, 2001, 312 p.
2. Ricardo Marques, Ferran Martin, Mario Sorolla Metamaterials with Negative Parameters, Theory, Design, and Microwave Applications, – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. – 2008. – 315 p.
3. Локтев В. Лекції з фізики надпровідності / В. М. Локтев // Київ : ІТФ НАН України, 2011. — 276 с.
4. Свідзинський А. Мікроскопічна теорія надпровідності. II / А. В. Свідзинський // Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2003. – Ч. 2. – 170 с.
5. Barone A. Physics and application of the Josephson effect /A. Barone and G. Paternò // New York: Wiley.- 1982.- 529 P.
6. De Gennes P. Superconductivity of metals and alloys / P. G. De Gennes//New York-Amsterdam: W. A. Benjamin Inc.- 1966.-292 P.

#### 1. Допоміжна література

1. Optical Metamaterials Fundamentals and Applications, Wenshan Cai <sup>2</sup> Vladimir Shalaev, Springer Science+Business Media, LLC 2010, 206P
2. Microwaves in Dispersive Magnetic Composite Media0 (Review Article), S.I. Tarapov, and D.P. Belozorov, Low Temperature Physics (AIP Publ.), 2012, v.38, p.603-625

3. Resonant features of planar Faraday metamaterial with high structural symmetry. Study of properties of a 4-fold array of planar chiral rosettes placed on a ferrite substrate, Sergey Y. Polevoy, Sergey L. Prosvirnin, Sergey I. Tarapov, and Vladimir R. Tuz, The European Physical Journal Applied Physics, 2013, v.61, N 03, pp.30501(1-7).
4. Pendry J.B. Negative Refraction Makes a Perfect Lens. // Phys. Rev. Lett. - 2000.-V.85.- P.3966-3969
5. Pendry J. A chiral route to negative refraction // Science. 2004. - V. 306. - P. 1353- 1955.
6. Likharev K. Dynamics of Josephson junctions and circuits / K.K. Likharev // Philadelphia: Gordon and Breach.- 1991.- 614 P.
7. Solymar L. Superconducting tunneling and applications // L. Solymar // London: Chapman and Hall Ltd.- 1972.- 406 P.
8. Tinkham M. Introduction to superconductivity / M. Tinkham // New York: McGraw Hill Inc.- 1996.- 454 P.
9. Schmidt V. The Physics of Superconductors / V. V. Schmidt / Berlin: Springer.- 1997.- 206 P.

#### **10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

Вікіпедія:

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ефект\\_Джозефсона](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ефект_Джозефсона)
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кубіт>
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Андрєєвське\\_відбиття](https://uk.wikipedia.org/wiki/Андрєєвське_відбиття)
4. [Високотемпературна надпровідність — Вікіпедія \(wikipedia.org\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Високотемпературна_надпровідність)
5. [Квант магнітного потоку — Вікіпедія \(wikipedia.org\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квант_магнітного_поток)
6. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый\\_компьютер](https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый_компьютер)
7. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Квантовый\\_компьютер](https://uk.wikipedia.org/wiki/Квантовый_компьютер)