

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра фізики низьких температур

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету (директор
навчально-наукового інституту)
фізичного факультету
(вказати назву структурного підрозділу)

Вовк Р.В.

(вказати П.І.Б керівника)

“ ” 20 24 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квазічастинки в твердих тілах: теорія і експеримент
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва)

освітня програма фізика
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни нормативна
(обов'язкова / за вибором)

факультет фізичний

20 24 / 20 25 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету (інституту, центру)

«30» серпня 2024 року, протокол № 9.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Білецький Володимир Іванович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики низьких температур,
Петренко Євген Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики низьких температур,

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «26» серпня 2024 року № 14.

В.о. завідувача кафедри фізики низьких температур



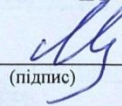
Валерій ШКЛОВСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «28» серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету



Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) фізика

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) фізика



Олег Лазоренко
(прізвище та ініціали)

(підпис)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Квазічастинки в твердих тілах: теорія і експеримент» складена відповідно до освітньої програми підготовки «Фізика»

перший (бакалаврський)

 (назва рівня вищої освіти)

спеціальності 104 Фізика та астрономія

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Квазічастинки в твердих тілах: теорія і експеримент» є викладання в історичній послідовності основних досягнень в фізиці низьких температур і вплив цих результатів на рівень науково-технічного розвитку

1.2. Програмні компетентності, що забезпечуються дисципліною ВК 9 у відповідності до ОП «Фізика»:

Інтегральна компетентність:

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

Загальні компетентності:

- ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК 3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК 9. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
- ЗК 12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Фахові компетентності:

- ФК 1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- ФК 7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- ФК 9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- ФК 10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.
- ФК 12. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.
- ФК 13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

ФК 14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
18 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
100 год.	год.
Індивідуальні завдання	
1 курсова робота	

1.6. Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною ВК 9 у відповідності до ОПП «Фізика»:

- ПРН 1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні 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/або астрономії.
- ПРН 2. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.
- ПРН 3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.
- ПРН 5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.
- ПРН 6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.
- ПРН 7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.
- ПРН 8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну

інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

- ПРН 11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.
- ПРН 13. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.
- ПРН 17. 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.
- ПРН 22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.
- ПРН 23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.
- ПРН 24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.
- ПРН 25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку.

Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1. 1910. Ван-дер-Ваальс і рівняння агрегатного стану речовини

Зміст. Короткий історичний огляд здобутків XVII-XIX сторіччя. Шлях до абсолютного нуля. Температура. Становлення термодинаміки. Методи охолодження. Проблема «сталих» газів. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ефект Томсона. Перші лабораторні і промислові зріджувачі газів. Скраплення «сталих» газів. Перші несподівані результати скраплення гелію.

Тема 2. 1913. Камерлінг-Оннес і властивості тіл при низьких температурах

Зміст. Проблема поведінки електропровідності при наднизьких температурах. Постановка експерименту. Перші несподівані результати температурної залежності електропровідності. Надпровідність. Систематичне дослідження поширених металів при температурах до 1К. Нова область досліджень.

Тема 3. 1949. Джіок і властивості тіл при наднизьких температурах. Зміст. Принципові обмеження на шляху до наднизьких температур при використанні зріджених газів.

Термодинаміка охолодження. Квазічастинки – кандидати в якості робочого тіла.

Пропозиція Дебая. Технічна реалізація методу адіабатичного розмагнічування парамагнітних солей Джіоком. Ядерне розмагнічування.

Тема 4. 1962. Ландау і піонерські теорії конденсованих середовищ і особливо рідкого гелію

Зміст. Теоретичне підґрунтя ефекту ДГ-ВА. Детальна теорія фазових перетворень II-го роду. Концепція Фермі-рідини. Феноменологічна теорія надпровідності-основа обговорення переважної більшості експериментів з надпровідниками II-го роду. Теорія надплинності ^4He .

Тема 5. 1972. Бардін, Купер, Шріфер і теорія надпровідності БКШ

Зміст. Проблеми створення мікроскопічної теорії. Ізотопічний ефект. Пари Купера. Електрон-фононна взаємодія за участю віртуальних фононів. Узагальнення теорії на випадок багатьох частинок. Температурна залежність надпровідної щільності в спектрі електронів. Експериментальне підтвердження теоретичних уявлень: щільність, куперівські пари.

Тема 6. 1973. Джайвер і тунелювання у надпровідниках

Зміст. Тунельний ефект у квантовій механіці. Експериментальні особливості створення надійних тунельних контактів. Вивчення густини станів поблизу поверхні Фермі у нормальних металах. Особливості тунелювання у надпровідниках при різному виборі матеріалів. Найбільш наглядне визначення температурної залежності надпровідної щільності.

Тема 7. 1973. Джозефсон і слабка надпровідність

Зміст. Постановка і вирішення Б. Джозефсоном задачі про тунелювання куперівських пар. Вкладки Р. Фейнмана. Стаціонарний і нестаціонарний ефекти Джозефсона. Експериментальні труднощі спостереження тунелювання куперівських пар. Краткий огляд піонерських експериментальних робіт. Квантові еталони і квантова метрологія.

Тема 8. 1978. Капица і основопологаючи дослідження в галузі низьких температур

Зміст. Створення під керівництвом П.Л.Капицей Інституту фізичних проблем. Промислові турбодетандери для скраплення кисню. Постановка циклу експериментів для з'ясування кінетики і теплових властивостей рідкого гелію в діапазоні температур 1-4,2К. Запропонована нова фізична властивість – надплинність, новий напрям у фізиці низьких температур.

Тема 9. 1985. Фон Клітцінг і квантовий ефект Холла

Зміст. Класичний ефект Холла. Новий напрям досліджень – фізика низько-вимірних систем. Двовимірний електронний газ і польові транзистори. Гетероструктури. Квантування у двовимірному випадку. Фундаментальні рівняння. Еталон електроопору. Квантова метрологія.

Тема 10. 1987. Беднорц, Мюллер і ВТНП

Зміст. Проблема високотемпературної надпровідності. Історичний огляд. Нові підходи з використанням складних речовин – сильнокорельованих систем. Основні класи ВТНП. Методи отримання і технічне застосування. Перспективи створення надпровідників з температурою поблизу до кімнатної.

Тема 11. 1996. Лі, Ошероф, Річардсон і надплинність гелію-3

Зміст. Фізичні особливості ^3He і ^4He . Квантова статистика і надплинність. Піонерські експериментальні дослідження. Особливості надплинного стану ^3He . Складна магнітна фазова діаграма. Розвиток цих досліджень – новий напрям у фізиці надплинності.

Тема 12. 1997. Коен, Тануджі і лазерне охолодження атомів

Зміст. Шавлов і принципово новий підхід до процесу охолодження – фактично гальмування атомів. Створення лазерного обладнання і вибір робочого тіла. Доплерівська межа охолодження. «Випаровування» гарячих атомів. Зесмановське і «сизифове» охолодження. Фундаментальні експерименти в області наднизьких температур.

Тема 13. 2003. Гінзбург, Абрикосов і надпровідність другого роду

Зміст. Феноменологічна модель надпровідності Гінзбурга-Ландау. Вхорові стани у надпровідниках II-го роду. Модель Абрикосова – фізична основа створення надпровідних промислових і лабораторних виробів (кабелі, надпровідні соленоїди, двигуни, тощо.)

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	с.	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1.	9	2				7						
Тема 2.	8	3				5						
Тема 3	10	2	6			5						
Тема 4	10	3				4						
Тема 5	10	2				8						
Тема 6	11	3	6			5						
Тема 7	11	2				6						
Тема 8	8	3				5						
Тема 9	9	2				7						
Тема 10	10	3				7						
Тема 11	9	2	6			4						
Тема 12	9	1				5						
Тема 13	5	1				4						
Усього годин	150	32	18			100						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термодинаміка і процеси охолодження	6
2	Надпровідність і надплинність – паралелі і відмінності	6
3	Кріобіологія і кріомедицина	6
	Разом	18

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Підготувати стислий огляд виникнення уявлень про квазічастинки	8
2	Вивчити основні властивості надпровідного стану	8
3	Опанувати методи отримання низьких температур	8
4	Опанувати методи отримання наднизьких температур	8
5	Дослідити експериментальний фундамент теорії БКШ	8
6	Ознайомитись з технічним використанням слабкої надпровідності	8
7	Оглянути основні властивості ВТНП	8
8	Дослідити технічне використання надпровідників II-го роду	8
9	Зробити огляд квантових еталонів фізичних величин	8
10	Розглянути пошукові роботи з ВТНП в області температур вищих 150К	8
11	Підготувати курсову роботу	20
	Разом	100

6. Індивідуальні завдання

Курсова робота

7. Методи навчання

Лекції і семінарські заняття у дистанційному режимі

8.. Методи контролю

Поточний контроль – опитування під час лекцій, семінарські заняття, курсова робота; підсумковий контроль – екзамен.

9. Схема нарахування балів

Приклад для підсумкового семестрового контролю в формі заліку без виконання залікової роботи

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Екзамен	Сума
Розділ 1	Курсова робота, передбачена навчальним планом	Разом		
T1-T13				
(T1-T8, T10-T-13 по 3 бали, T9 – 4 бали) 40 балів	20 балів	60 балів	40 балів	100 балів

T1, T2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

90-100: вчасно і згідно з вимогами виконано завдання для самостійної роботи; під час опитувань та семінарських занять продемонстровано ґрунтовні знання з предмету і вміння самостійно мислити та опрацьовувати інформацію; зроблено ґрунтовні відповіді.

70-89: вчасно і згідно з вимогами, з незначними помилками виконані завдання для самостійної роботи; під час перевірки продемонстровано ґрунтовні знання з предмету і вміння опрацьовувати інформацію; виконання завдань самостійної роботи; не задовольняють глибиною опрацювання і об'ємом опрацьованого матеріалу; обмежені відповіді на екзамені, які містять суттєві помилки у висвітленні частини або всіх питань.
1-49: низький рівень підготовки і виконання завдань самостійної роботи; відсутність зрозумілої відповіді на усі питання білету.

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

10. Рекомендована література

Основна література

1. Говорун Т.П. Фізика конденсованого стану матеріалів / Т.П. Говорун, В.О. Пчелінцев, В.М. Радзівєвський, Л.В. Носонова. навч. посіб. - Суми: СумДУ, 2015. - 236 с.
2. Подопрігора Н.В. М.І. Садовий, О.М. Трифонова. Фізика твердого тіла / Н.В. Подопрігора, М.І. Садовий, О.М. Трифонова: навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів, – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2014. – 416 с.
3. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 1998. – 615 с.
4. Третяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників: Підручник: У 2 т. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – Т. 1. – 338 с.

Допоміжна література

1. Практикум з фізики низьких температур: навчальний посібник . Частина 1/ . М..О.Оболенський, В.П.Лебедев, В.І.Білецький, А.А.Завгородній, В.В.Козинець. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. - 2008. – 132 с.