

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики низьких температур



Робоча програма навчальної дисципліни

Фундаментальні явища в фізиці низьких температур

рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 10 природничі науки
(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 « Фізика та астрономія »
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-наукова програма «Фізика»

спеціалізація _____
(шифр, назва)

вид дисципліни нормативна
факультет фізичний

2021 / 2022 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«31» серпня 2021 року, протокол № 7.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:


Орт Олександр Георгійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики низьких температур.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «29» червня 2021 року № 17.

Завідувач кафедри фізики низьких температур



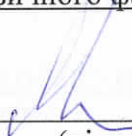


(підпис) Валерій ШКЛОВСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету


Протокол від «31» серпня 2021 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету



(підпис) Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

Гарант ОНП



(підпис) Юрій БОЙКО
(ім'я та прізвище)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Актуальні проблеми фізики низьких температур» складена відповідно до освітньо-наукової програми (фізика) підготовки фахівців другого рівня – магістр

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму 104– фізика та астрономія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни.

Метою викладання навчальної дисципліни «Актуальні проблеми фізики низьких температур» є – навчити магістрантів вмінню самостійно визначити найважливіші фундаментальні та прикладні досягнення фізики низьких температур.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вміння опанувати основні фізичні ідеї та положення, які покладені в основу сучасних досягнень фізики низьких температур, та вміти використовувати їх у своїй науковій діяльності.

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	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
24 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
12 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
114 год.	год.
Індивідуальні завдання	
2 контрольні роботи, 20 год.	

1.6. Заплановані результати навчання:

Знати: фундаментальні фізичні явища, які мають місце при низьких та наднизьких температурах; які процеси відбуваються у квантових рідинах (надплинний He); термодинамічні основи криогенних циклів та сучасні методи криогеніки; нові квантові макроскопічні об'єкти та квантові явища.

Вміти: опрацювати навчальну та спеціальну фахову літературу; аналізувати новітні досягнення, які з'являються у періодичній науковій літературі та застосовувати ці знання для розвитку своїх наукових досліджень.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фундаментальні явища фізики низьких температур

Тема 1. Ефект Шубнікова – де Гааза.

Зміст: Енергетичний спектр електронів. Коливання в спектрі. Вплив магнітних полів на енергетику електронів.

Тема 2. Тунельний ефект.

Зміст: Енергетичні властивості електронів у надпровідниках. Перехід електронів під впливом зовнішніх факторів між різними енергетичними зонами.

Тема 3. Надпровідники 1 та 2 роду.

Зміст: Структура надпровідників 1 роду. Ідеальний діамagnetизм надпровідників. Магнітна структура надпровідника. Проміжний стан. Магнітна структура надпровідників 2 роду. Вихорі Абрикосова. Структура вихорів. Квант магнітного потоку. Залежність вихрової решітки від напруженості зовнішнього магнітного поля.

Тема 4. Ефект Джозефсона.

Зміст: Ефект Джозефсона у надпровідниках

Тема 5. Фазові стани та магнітовпорядкування у фероборатах.

Зміст: Структура фероборатів. Фазовий стан речовини. Магнітна структура феробората.

Тема 6. Енергетичні щілини у надпровідниках.

Зміст: Енергетичні щілини у енергетичному спектрі надпровідників. Вплив зовнішніх факторів на переміщення електронів в різних енергетичних зонах. Подолання електронами енергетичної щілини.

Розділ 2. Актуальні проблеми кріогеніки

Тема 7. Термодинамічні основи кріогенних циклів.

Зміст. Ізоентропійне розширення газу. Ефект Джоуля-Томсона. Холодильні цикли, які засновані на використанні ізоентропійного розширення та Джоуль-Томсонівського ефекту. Методи одержання температур, нижчих від 1 К.

Тема 8. Фізичні властивості речовин при низьких температурах.

Зміст. Теплові, магнітні властивості твердих тіл. Надпровідність. Високотемпературна надпровідність. Надплинна турбулентність у квантових рідинах.

Тема 9. Нові квантові макроскопічні об'єкти та квантові явища.

Зміст. Квантовий ефект Хола в двовимірних системах. Атомні конденсати й атомний лазер. Передумови створення квантового комп'ютера.

Тема 10. Кріогенні пристрої.

Зміст. Сучасні кріостати для наукових досліджень у різних галузях фізики.

Тема 11. Елементи кріоелектроніки.

Зміст. Основні напрямки кріоелектроніки. Сквіди. Надпровідникові пристрої в електроніці та електротехніці.

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
Розділ 1. Фундаментальні явища фізики низьких температур												
Тема 1	12	2				10						
Тема 2	10	2	2			6						
Тема 3	14	2	2			10						
Тема 4	14	2	2			10						
Тема 5	6	2				4						
Тема 6	18	2			10	6						
Розділ 2. Актуальні проблеми кріогеніки												
Тема 7	22	2				20						
Тема 8	14	4	2			8						
Тема 9	4	2	2									
Тема 10	16	2	2			12						
Тема 11	18	2			10	8						
Разом за розділом 1	150	24	12		20	94						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Турбулентність в надплинних системах.	2
2.	Магніоніка- метод вивчення магнітних мікро- і наноструктур.	2
3.	Оксиди графена.	2
4.	Проблема гелію.	2
5.	Новітні надпровідні матеріали.	2
6.	Технічні рішення та порівняльний аналіз технічних характеристик сучасних кріостатів.	2
	Разом	12

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1.	Вивчити тему «Енергетичний стан електронів».	10
2.	Ознайомитись з закономірностями переходу електронів між різними енергетичними зонами.	6
3.	Ознайомитись з магнітною структурою надпровідників 1 та 2 роду. Ознайомитись з структурою вихорів Абрикосова.	10
4.	Дослідити взаємодію магнітних вихорів з дефектами кристалічної	

5.	гратки. Дослідити вплив лазерного опромінення на стан кристалічної гратки.	4
6.	Вивчити фазовий стан фероборатів.	6
7.	Вивчити енергетичні щілини у енергетичному спектрі надпровідників.	4
8.	Підготуватися до контрольної роботи.	6
9.	Опрацювати тему «Цикл Карно, як ідеальний цикл для зріджування газів».	10
10.	Ознайомитись з особливостями теплопередачі криогенних матеріалів та холодоагентів (теплообмінники та регенератори).	4
11.	Вивчити основне рівняння кріостатування.	4
12.	Опанувати методи кріостатування у фізиці низьких температур.	4
13.	Опанувати методи вимірювання низьких температур.	4
14.	Ознайомитись з різноманіттям надпровідних (у тому числі високотемпературних) сполук.	4
15.	Опрацювати тему «Природа та властивості вихорових процесів у надплинній рідині».	4
16.	Ознайомитись з роботою кріостатів на циклі Стірлінга.	4
17.	Ознайомитись з роботою кріостатів на циклі Гіффорда-Мак Магона.	4
18.	Ознайомитись з роботою кріостатів на базі пульсаційних труб.	4
19.	Опрацювати тему «Стаціонарний та нестаціонарний ефект Джозефсона».	4
20.	Ознайомитись з принципами роботи квантових магнітометрів.	2
21.	Вивчити ефекти Пельт'є та Етінгсгаузена.	2
22.	Підготуватися до контрольної роботи.	10
Разом		114

6. Індивідуальні завдання

Дві контрольні роботи.

7. Методи контролю

Поточний: опитування, виступи на семінарських заняттях, контрольні роботи.

Підсумковий: семестровий екзамен

8. Схема нарахування балів

для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання											Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Разом	Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділ 1														
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	2 x 12	60	40	100
3	3	3	3	3	3	3	6	3	3	3				
36 балів											24 бали			

T1, T2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів із навчальної дисципліни «Актуальні проблеми фізики низьких температур»

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

Ступінь засвоєння знань студентами (поточний контроль знань) проводиться шляхом їх усного або письмового опитування під час лекційних занять. Максимальна кількість балів за вичерпні відповіді на запитання за умови стовідсоткового відвідування лекційних занять складає 36, за контрольні роботи – 24 бали.

Екзаменаційне завдання складається із 3 тестів 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 3 тестів, що входять у екзаменаційне завдання, оцінюється 40 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. Різак В.М., Різак І.М., Рудавський Е.Я. Кріогенна фізика і техніка.– К. Наукова думка, 2006.
2. Фізика низьких температур : навч. посібник / А. Франів, В. Стадник, В. Курляк. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 362 с.
3. Скотт Р.Б. Техника низьких температур. – М.: ИЛ, 1962. – 413 с
4. Сверхпроводящие машины и устройства. Под ред. С.Фонера и Б Шварца. М., Мир,1977.
5. Довгий Я. Чарівне явище надпровідність. –Львів: Євросвіт, 2000.
6. Дж.Уильямс. Сверхпроводимость и ее применение в технике. М., Мир,1973.
7. И.М.Дмитренко. В мире сверхпроводимости. Киев, Наукова думка, 1981.
8. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.:Высш. Школа, 1987. – 360 с.

9. Уайт Г. К. Экспериментальная техника в физике низких температур. – М.: Физматгиз, 1961. – 368 с.
10. Физика низких температур . Под ред. А. И. Шальникова. – М.: ИЛ, 1959. – 937 с.
11. Роуз-Инс А. Техника низкотемпературного эксперимента. –М.: Мир, 1966. –214 с.
12. Мендельсон К. Физика низких температур. – М.: ИЛ, 1963. – 230 с.
13. Лоунасмаа О.В. Принципы и методы получения температур ниже 1К.– М.: Мир, 1977. – 356 с.
14. Есельсон Б.Н, Григорьев В.Н. и др. Свойства жидкого и твердого гелия. Растворы He^3 – He^4 . –К. Наукова думка, 1982.
15. Д.Б.Монтгомери. Получение сильных магнитных полей с помощью соленоидов. М., Мир, 1971.
16. Новые направления криогенной техники. Под ред. Малкова М.П. – М.: Мир, 1966. – 439 с.

Допоміжна література

1. Орлова Н.П., Погорелова О.Ф., Улыбин С.А. Низкотемпературная термометрия. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Справочник по физико-техническим основам криогеники. / Под ред. Малкова М.П.– М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Мендельсон К. На пути к абсолютному нулю. – М.: Атомиздат, 1971.– 274 с.
4. Веркин Б. И., Пустовалов В. В. Низкотемпературные исследования пластичности и прочности (приборы, техника, методы).– М.: Энергоиздат, 1982. – 192 с.

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

1. http://www.vargin.mephi.ru/book_ph_tvteho.html
2. http://www.vargin.mephi.ru/book_phys.html
3. http://vargin.mephi.ru/book/ph_rasn.html