

Додаток 4

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 23 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Спеціальний практикум «Методи фізичного експерименту при низьких температурах»

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 природничі науки
(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Фізика»

спеціалізація _____
(шифр, назва)

вид дисципліни нормативна

факультет фізичний

2023/ 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«30» серпня 2023 року, протокол № 6.

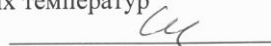
РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Зубенко Надія Сергіївна, старший викладач кафедри фізики низьких температур.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «29» серпня 2023 року № 16.

В.о. завідувача кафедри фізики низьких температур


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


Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «29» серпня 2023 року № 7

Голова методичної комісії фізичного факультету


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

Гарант ОП


_____ Олег ЛАЗОРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Додаток 4

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 23 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Спеціальний практикум «Методи фізичного експерименту при низьких температурах»

(назва навчальної дисципліни)рівень вищої освіти перший (бакалаврський)галузь знань 10 природничі науки

(шифр, назва галузі)

спеціальність 104 Фізика та астрономія

(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Фізика»

спеціалізація _____

(шифр, назва)

вид дисципліни нормативнафакультет фізичний

2023/ 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

«30» серпня 2023 року, протокол № 6.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Зубенко Надія Сергіївна, старший викладач кафедри фізики низьких температур.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики низьких температур

Протокол від «29» серпня 2023 року № 16.

В.о. завідувача кафедри фізики низьких температур

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

Програму погоджено науково-методичною комісією
фізичного факультету

_____ назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 29 ” серпня 20 23 року № 7

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету

_____ Макаровський М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

_____ назва освітньої програми

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

_____ Лазоренко О. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ Спеціальний практикум «Методи фізичного експерименту при низьких температурах» ”
складена відповідно до освітньої програми «Фізика» підготовки

бакалавр
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 104 – Фізика та астрономія.
(шифр, назва спеціальності)

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

. Метою викладання навчальної дисципліни є ґрунтовне вивчення студентами бакалаврату фізичного факультету експериментальних методів дослідження фізичних властивостей металів, зокрема при низьких температурах.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни

Програмні компетентності, що забезпечуються дисципліною ВК 10 у відповідності до ОПП «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 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 4. Здатність бути критичним і самокритичним.
- ЗК 5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК 6. Навички міжособистісної взаємодії.
- ЗК 7. Навички здійснення безпечної діяльності.
- ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК 9. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.
- ЗК 11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.
- 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 2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
- ФК 3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як

точності та значимості результатів.

ФК 4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

ФК 5. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

ФК 8. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

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 6

1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
6-й	-й
Лекції	
год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
66 год.	год.
Самостійна робота	
114 год.	год.
Індивідуальні завдання	
Не передбачено навчальним планом	

1.6. Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною ВК 10 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 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 відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.
- ПРН 9. 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.
- ПРН 11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.
- ПРН 12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.
- 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 14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.
- ПРН 16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.
- 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 25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Назва

Тема 1 *Лабораторна робота:* ПЛАТИНОВИЙ ТЕРМОМЕТР ОПОРУ

Зміст роботи – вивчення принципу роботи і конструкції платинового термометра опору; визначення його характеристик шляхом градуювання в широкому температурному інтервалі.

Тема 2. *Лабораторна робота:* ГРАДУЮВАННЯ МІДЬ – КОНСТАНТАНОВОГО ТЕРМОПАРНОГО ТЕРМОМЕТРА

Зміст роботи - вивчення принципу роботи і конструкції термопарного термометра, визначення його характеристик шляхом градуювання у широкому інтервалі температур.

Тема 3. *Лабораторна робота:* ВИМІРЮВАЧІ РІВНЯ РІДКОГО ГЕЛІЮ В КРІОСТАТІ

Зміст роботи – вивчення засобів визначення рівня рідкого гелію у закритому кріостаті; засвоєння навиків підготовки кріостата до роботи і переливання рідкого гелію; градуювання танталового та гідростатичного вимірювачів рівня.

Тема 4 *Лабораторна робота:* ТЕПЛОТА ВИПАРУВАННЯ РІДКОГО ГЕЛІЮ

Зміст роботи - вимірювання кількості рідкого гелію, що випаровується, від часу при наявності і відсутності зовнішнього теплоприпливу; розрахунок теплоти випарування рідкого гелію.

Тема 5. *Лабораторна робота:* ВУГІЛЬНИЙ ТЕРМОМЕТР ОПОРУ

Зміст роботи - вивчення принципу і конструкції вугільного термометра опору, визначення його характеристик шляхом градуювання в інтервалі температур 1,5 - 4,2 К.

Тема 6. *Лабораторна робота:* ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ КРИТИЧНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НАДПРОВІДНОГО ОЛОВА

Зміст роботи - спостереження виштовхування магнітного потоку при переході олова із нормального в надпровідний стан; вимірювання величини критичного магнітного поля при різних температурах; визначення величин T_K і $H_K(0K)$.

Тема 7. *Лабораторна робота* МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ НАДПРОВІДНИКІВ ПЕРШОГО І ДРУГОГО РОДУ

Зміст роботи - вимірювання магнітної індукції свинцю та ніобію при 4,2К, вивчення характеру намагніченості в залежності від напруженості зовнішнього магнітного поля, визначення критичних величин H_K , H_{K1} і H_{K2} відповідно для надпровідників першого і другого роду.

Тема 8. *Лабораторна робота:* ДОСЛІДЖЕННЯ НАДПЛИННОСТІ He^4 – II

Зміст роботи - спостереження явища надплинності He^4 -II, вимірювання швидкості витікання надплинної компоненти по плівці і через капіляр з дрібнодисперсним порошком і визначення температурної залежності витікання через канали в дрібнодисперсному порошку.

4. 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
Тема 1.	23			7		10						
Тема 2.	21			8		15						
Тема 3	24			8		15						
Тема 4	23			8		14						
Тема 5.	22			8		15						
Тема 6.	22			8		15						
Тема 7	22			9		15						
Тема 8	23			10		15						
Усього годин	180			66		114						

АБО

Назви розділів	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
Розділ 1. Назва												
Разом за розділом 1												
Розділ 2. Назва												
Разом за розділом 2												
Усього годин												

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опанувати принцип роботи платинового термометра опору; навчитися визначати його характеристики шляхом градування в низькотемпературному інтервалі. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	10

2	Опанувати принцип роботи термопарного термометра, навчитися визначати його характеристики шляхом градуювання у низькотемпературному інтервалі. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	15
3	Ознайомитися з засобами визначення рівня рідкого гелію у закритому кріостаті; оволодіти теоретичними знаннями для підготовки кріостата до роботи; опанувати градуювання гідростатичного вимірювача рівня. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	15
4	Набути теоретичної підготовки до вимірювання кількості рідкого гелію при наявності і відсутності зовнішнього теплоприпливу; навчитися робити розрахунок теплоти випарування рідкого гелію. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	14
5	Опанувати тему поведінки магнітного потоку при переході класичних металів із нормального в надпровідний стан; опанувати методами вимірювання величини критичного магнітного поля при різних температурах. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	15
6	Оволодіти принципами роботи і конструкції вугільного термометра опору. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	15
7	Дослідити визначення критичних величин H_K , H_{K1} і H_{K2} для надпровідників першого і другого роду. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	15
8	Ознайомитися з хімічними та фізичними властивостями гелію, а також з явищем надплинності He^4 -II. Обробити дані експерименту і приготувати фізичну інтерпретацію результатів лабораторної роботи	15
	Разом	114

6. Індивідуальні завдання

7. Методи контролю

Вхідний контроль: допуск до виконання лабораторних робіт. Поточний контроль: захист виконаних лабораторних робіт. Семестровий підсумковий контроль: семестровий залік.

8. Схема нарахування балів

для підсумкового семестрового контролю в формі заліку
з виконанням залікової роботи

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Сума
Розділи	Разом	Залікове завдання	
Розділ 1 Т1-Т8	60 балів	40 балів	100 балів
Т1-Т2: 2 x 6 балів = 12 балів Т3-Т8: 6 x 8 бали = 48 балів			

T1, T2 ... – теми розділів.

Критерій оцінювання

90-100: звіти про лабораторний експеримент оформлено без помилок; рівень відповідей при допуску і під час опитування високий, демонструє якісну самостійну роботу; залікова робота містить ґрунтовні відповіді на усі питання експериментального та теоретичного характеру і оцінена 55-60 балами;

70-89: звіти про лабораторний експеримент оформлено з незначними помилками; відповіді під час допуску і опитувань містять незначні помилки і демонструють якісні самостійну роботу; залікова робота містить відповіді на усі питання експериментального та теоретичного характеру з незначними недоліками і оцінена 45-54 балами;

50-69: отримані неповні або частково помилкові експериментальні дані, обмежені відповіді, які містять суттєві помилки у висвітленні частини або всіх питань при опитуваннях і в заліковій роботі; залікова робота містить відповіді не на усі питання експериментального та теоретичного характеру, які мають значні недоліки, і оцінена 30-44 балами;

1-49: помилкові висновки з експерименту; незадовільний рівень самостійної роботи; відсутність зрозумілої відповіді на усі питання до залікової роботи, яка оцінена 0 – 29.

Шкала оцінювання

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

9. Рекомендована література

Основна література

1. М.О.Оболенський, В.П.Лебедев, В.І.Білецький, А.А.Завгородній, В.В.Козинець. Практикум з фізики низьких температур. Частина 1. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. - 2008. - 132с.
2. Поплавко Ю.М. Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетики. – 415 с.
3. Кріогенна техніка: основи теорії і розрахунку циклів кріогенних установок : навч. посіб. / В. М. Арсеньев, В. М. Козін. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 272 с.
4. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. - К.: НУХТ, 2010. - 194 с.
5. Локтев В. М. Лекції з теорії надпровідності. — К. : ІТФ НАН України, 2011. — 276 с.

Допоміжна література

1. Я. Довгий. Чарівне явище надпровідність. Київ: “Євросвіт”, 2000.

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

Журнал [*Cryogenics*](#) («Кріогеника»).