

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Кафедра_фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету ХНУ
імені В. Н. Каразіна
Олександр ВОВК



2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Фазові перетворення в твердих тілах

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістр)
галузь знань 10 - природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 - фізика та астрономія
(шифр і назва;
освітня програма освітньо-наукова - фізика
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)
факультет _____ фізичний _____

2023/2024 навчальний рік

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

“ 30 ” серпня _____ 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Ткаченко М. В. - канд. фіз.-мат. наук., доцент, доцент кафедри фізики твердого тіла.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня _____ 2023 року № 7

Завідувач кафедри



Золтан ЗИМАН

(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної) програми (керівником проектної групи) _____ _ освітньо-професійна (назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

(керівник проектної групи)



(підпис)

Юрій БОЙКО

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від 29 серпня 2022 року

Голова методичної комісії



Микола Макаровський

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Фазові перетворення в твердих тілах” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістра

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напряму) 104 Фізика

спеціалізації

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни: сформувати у студентів сучасне фізичне мислення і широкий науковий кругозір; ознайомити студентів із загальними відомості про фазові перетворення в твердих тілах.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

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:

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. Здатність приймати обґрунтовані рішення. Навички здійснення безпечної діяльності. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

Фахові компетентності:

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

1.3. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
25 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	

год.	год.
Лабораторні заняття	
50 год.	год.
Самостійна робота, у тому числі	
105 год.	год.
Курсова робота	
35 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен:

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. 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. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації. 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. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. 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. 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. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій. Структура навчальної дисципліни.

2. Структура навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття про фазові переходи.

Тема 1. Вступ. Фазові переходи та їх вплив на властивості матеріалів. Приклади фазових переходів (зміна агрегатного стану; магнітні переходи; перехід в надпровідний стан; мартенситні переходи) (2 год.).

Тема 2. Термодинаміка фазових переходів. Фазовий перехід як стан неповної рівноваги. Параметр порядку. Зв'язок станів часткової та повної рівноваги системи. Мінімізація термодинамічного потенціалу в стані часткової рівноваги (2 год.).

Тема 3. Гетерофазний стан системи. Імовірність утворення зародка. Внесок гетерофазних флуктуацій в термодинамічний потенціал. Фазовий перехід як особлива точка термодинамічних величин. Класифікація фазових переходів (2 год.).

Тема 4. Фазові переходи першого та другого роду. Залежність термодинамічного потенціалу фаз від температури навколо точки фазового переходу першого роду. Особливості фазового переходу другого роду (2 год.).

Тема 5. Фазові переходи I роду. Умови рівноваги фаз. Критична точка. Спінодалі. Модельна

система з фазовим переходом I роду. Правило фаз Гіббса (2 год.).

Тема 6. Фазові переходи II роду. Теорія Ландау. Зміна симетрії при переході. Мікроскопічна модель фазового переходу II роду: система спінів у ґратці. Вид термодинамічного потенціалу при малому ступені поляризації (2 год.).

Тема 7. Параметр порядку. Розклад термодинамічного потенціалу за ступенями параметра порядку. Зміна термодинамічних величин при переході. Рівняння Еренфеста (2 год.).

Розділ 2. Фазові діаграми стану. Розпад пересичених твердих розчинів

Тема 8. Кінетика фазових переходів I роду та II роду. Фазові переходи I роду. Ймовірність утворення зародків іншої фази. Кінетика росту відокремлених зародків. Взаємодія зародків. Стадія коалесценції. Фазові переходи II роду. Залежність часу релаксації від розміру неоднорідності (2 год.).

Тема 9. Діаграма стану сплавів, які утворюють необмежені тверді розчини, обмежені тверді розчини евтектику та перитектику. Діаграма стану сплавів, компоненти яких мають поліморфні перетворення. (2 год.)

Тема 10. Неперервний і перервний розпад твердих розчинів. Термодинаміка процесів. Спінодальний розпад. Розпад твердих розчинів за механізмом утворення та росту зародків. Зонна стадія розпаду пересичених твердих розчинів. (2 год.).

Розділ 3. Фазові перетворення в системі залізо-вуглець.

Тема 11. Компоненти та фази в системі залізо-вуглець. (1 год.)

Тема 12. Фазова діаграма стану залізо-цементит (метастабільна рівновага) Кристалізація сплавів Fe—Fe₃C. Фазові та структурні зміни в сплавах Fe—Fe₃C після затвердіння (1 год.).

Тема 13. Характерні лінії та точки на фазовій діаграмі стану залізо-графіт (стабільна рівновага) (2 год.).

Назви розділів	Кількість годин											
	усього	денна форма					усього	заочна форма				
		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. Основні поняття про фазові переходи.												
Разом за розділом 1		10		20		40						
Розділ 2. Фазові діаграми стану. Розпад пересичених твердих розчинів												
Разом за розділом 2		10		20		40						
Розділ 3. Фазові перетворення в системі залізо-вуглець.												
Разом за розділом 3		5		10		25						
Усього годин		25		50		105						

3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи термічного аналізу	14

2	Електронографічне дослідження матеріалів	14
3	Рентгенівський мікроаналіз речовини	11
4	Растрова електронна мікроскопія	11
	Разом	50

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи (Опрацювання навчального матеріалу за наступними темами)	Кількість годин
1	Тема 1. Фазові переходи та їх вплив на властивості матеріалів. Приклади фазових переходів (зміна агрегатного стану; магнітні переходи; перехід в надпровідний стан; мартенситні переходи)	10
2	Тема 2. Термодинаміка фазових переходів. Фазовий перехід як стан неповної рівноваги. Параметр порядку. Зв'язок станів часткової та повної рівноваги системи. Мінімізація термодинамічного потенціалу в стані часткової рівноваги	10
3	Тема 3. Гетерофазний стан системи. Імовірність утворення зародка. Внесок гетерофазних флуктуацій в термодинамічний потенціал. Фазовий перехід як особлива точка термодинамічних величин. Класифікація фазових переходів	10
4	Тема 4. Фазові переходи першого та другого роду. Залежність термодинамічного потенціалу фаз від температури навколо точки фазового переходу першого роду. Особливості фазового переходу другого роду	10
5	Тема 5. Фазові переходи I роду. Умови рівноваги фаз. Критична точка. Спінодаль. Модельна система з фазовим переходом I роду. Правило фаз Гіббса	10
6	Тема 6. Фазові переходи II роду. Теорія Ландау. Зміна симетрії при переході. Мікроскопічна модель фазового переходу II роду: система спінів у ґратці. Вид термодинамічного потенціалу при малому ступені поляризації	10
7	Тема 7. Параметр порядку. Розклад термодинамічного потенціалу за ступенями параметра порядку. Зміна термодинамічних величин при переході. Рівняння Еренфеста	6
8	Тема 8. Кінетика фазових переходів I роду та II роду. Фазові переходи I роду. Ймовірність утворення зародків іншої фази. Кінетика росту відокремлених зародків. Взаємодія зародків. Стадія коалесценції. Фазові переходи II роду. Залежність часу релаксації від розміру неоднорідності	8
9	Тема 9. Діаграма стану сплавів, які утворюють необмежені тверді розчини, обмежені тверді розчини евтектику та перитектику. Діаграма стану сплавів, компоненти яких мають поліморфні перетворення.	6
10	Тема 10. Неперервний і перервний розпад твердих розчинів. Термодинаміка процесів. Спінодальний розпад. Розпад твердих розчинів за механізмом утворення та росту зародків. Зонна стадія розпаду	8

11	Тема 11. Компоненти та фази в системи залізо-вуглець.	5
12	Тема 12. Фазова діаграма стану залізо-цементит (метастабільна рівновага) Кристалізація сплавів Fe—Fe ₃ C. Фазові та структурні зміни в сплавах Fe—Fe ₃ C після затвердіння	7
13	Тема 13. Характерні лінії та точки на фазовій діаграмі стану залізо-графіт (стабільна рівновага)	5
	Разом	105

5. Теми курсових робіт

1. Магнітні фазові переходи та теорія ефективного молекулярного поля Кюрі-Вейса.
2. Спінове скло та особливості магнітного упорядкування в спінових склах.
3. Структурні фазові переходи типу "зміщення", порядок-белад.
4. Критична поведінка систем з дефектами структури типу "випадкової температури фазового переходу".
5. Малий параметр у теорії критичних явищ. Верхня і нижня критичні розмірності. Теорія збурень.
6. Фазові переходи першого роду

6. Методи контролю

Поточний та семестровий підсумковий контроль.

Поточний контроль проводиться під час перевірки якості виконання курсової роботи та оцінки її прилюдного захисту.

Семестровий підсумковий контроль застосовується у вигляді письмового екзамену наприкінці семестру.

7. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні													Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Курсова робота	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1							Розділ 2			Розділ 3			K1	K2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13			6	6	35	60
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						

T1, T2 ... - теми розділів.

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

Рекомендована література

Основна література

1. Зиман З.З.. Основи структурної кристалографії: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. – 212 с.
2. Бадіян Є.Ю. Практична кристалографія: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. – 144 с.
3. З.З. Зиман, А.Ф. Сіренко. Основи фізичного матеріалознавства: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2005. – 288 с.
4. Основи фізичного матеріалознавства: навчальний посібник/ В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра - Суми: Сумський державний університет, 2015. – 466 с.

8.

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

<https://docplayer.ru/37044974-Fazovye-perehody-v-tyordyh-telah.html>
<http://mirznanii.com/v/BUeP0kVFrkk-323115Ziia-gruzberg-mini-kurs-iektsiy-fizika-fazovykh-erekhodov-i-kriticheskikh-yavleniy-lektsiya-1> <http://mirznanii.com/v/mY5uFalPJLg-323115/2-8-fazovye-prevrashcheniya> <http://mirznanii.com/v/z7uLrwXD3Ks-323115/polimorfnye-prevrashcheniya-v-metallakh> <https://www.youtube.com/watch?v=VbCHOunJM2c>