

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Фізичне матеріалознавство



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор

В.Г. Прушківський

20 19 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ МАТЕРІАЛІВ

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність

132 «Матеріалознавство»

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація)

«Прикладне матеріалознавство»,

(назва спеціалізації)

інститут, факультет

фізико-технічний, інженерно-фізичний

(назва інституту, факультету)

мова навчання

українська

Запоріжжя – 2019 рік

Робоча програма з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» для студентів (назва навчальної дисципліни) спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма «Прикладне матеріалознавство»
„09” 09, 2019 року – с.

Розробники: Ольшанецький В.Ю., д.т.н., професор; Кононенко Ю.І., ст. викладач
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Фізичного матеріалознавства

Протокол від. „09” 09 2019 року № 1

Завідувач кафедри

Фізичного матеріалознавства

„09” 09 2019 року

(підпис)

(Ольшанецький В.Ю.)
(прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-фізичного факультету

Протокол від. „17” 09 2019 року № 1

„17” 09 2019 року

Голова

(підпис)

(Климов О.В.)
(прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* _____

„ _____ ” _____ 2019 року

Керівник групи

(підпис)

(_____)
(прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невідпусковою кафедрою

_____, 2019 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (напрямок підготовки), освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність 132 «Матеріалознавство» (код і назва) Освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство» (код і назва)	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 120		4-й	4-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 5,2	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		28 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		– год.	– год.
		Лабораторні	
		14 год.	2 год.
		Самостійна робота	
		78 год.	112 год.
Індивідуальні завдання: - год.			
Вид контролю: екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 20% до 80%

для заочної форми навчання – 7% до 92%

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета теоретичної дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» – створення наукової бази для успішного засвоєння багатьох науково-технічних курсів, що визначають необхідний фаховий рівень спеціальності «132 Матеріалознавство».

Завдання: розвинення знань та практичних навичок студентів в опануванні основних теоретичних понять та їх використання в прикладних справах.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності:

КЗ.01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ.03. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

КЗ.04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

КЗ.05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

КЗ.06. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

спеціальні (фахові) компетентності:

КС.05. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем.

КС.07. Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства.

КС.08. Здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності.

Очікувані програмні результати навчання:

ПРН1. Демонструвати володіння логікою та методологією наукового пізнання.

ПРН2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ПРН4. Передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі.

ПРН7. Володіти навичками, які дозволяють продовжувати вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ПРН8. Уміти застосовувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи фізичного металознавства.

Тема 1. Вступ. Конденсований стан речовини та міжатомні сили взаємодії.

Вступ. Місце, що посідає наукова дисципліна «Фізика конденсованого стану матеріалів» серед інших та її зв'язок з інженерним матеріалознавством. Види конденсованого стану. Основні види міжатомних взаємодій у твердих тілах.

Потенціальна (конфігураційна) енергія реальних кристалічних речовин. Хімічна та пружна компоненти цієї енергії. Конфігураційна ентропія твердих однокомпонентних тіл з дефектами кристалічної будови. Термодинаміка точкових дефектів та дефектів більшої мірності. Рівноважні та нерівноважні дефекти будови.

Тема 2. Фізична термодинаміка твердих тіл.

Функції стану та параметри рівноваги термодинамічної системи. Основні співвідношення. Поняття хімічного потенціалу компонента системи. Оборотні та необоротні процеси. Поняття квазістатичного процесу. Основне рівняння термодинаміки (узагальнене рівняння I та II законів термодинаміки у диференціальній формі).

Вільна енергія Гіббса (або Гельмгольца) як універсальний критерій рівноваги відкритої термодинамічної системи. Види рівноваги та їх математичні умови. Ентропійне формулювання другого закону термодинаміки.

Термічні стани та термічна ентропія у статистичній трактовці Больцмана. Статистика Максвелла-Больцмана. Фактор Больцмана і сума станів (парціальна функція). Швидкість реакції (швидкість елементарного процесу) і час релаксації. Рівняння Ареніуса. Приклади.

Ентропія бінарного твердого розчину з випадковим розподілом атомів розчинної речовини. Ентропійна крива та її особливості. Можливості і границі очищення металів від домішок. Метод зонного очищення Пфана.

Конфігураційна частина внутрішньої енергії твердого розчину. Знак і величина енергії змішання. Поняття ідеального, регулярного та іррегулярного твердих розчинів. Форми кривих внутрішньої енергії.

Вільна енергія твердих розчинів. F- (або G-) криві. Форма і поведінка F-кривих при змінюванні температури. Кривина F-кривих. Вільна енергія фазової суміші в аналітичній та геометричній трактовках.

Стабільний стан бінарного сплаву. Принцип загальної дотичної (принцип натягнутої струни). Елементи геометричної термодинаміки. Геометрична трактовка парціальних хімічних потенціалів. Вільні енергії, склад та концентраційні інтервали існування проміжних фаз.

Рівняння фазової рівноваги. Правило фаз Гіббса. Теоретична побудова діаграм фазової рівноваги (стану) сплавів. Залежність розчинності від температури. Форма ліній сольвусу первинних твердих розчинів. Експоненціальний закон розчинності компонентів в слабких розчинах. Спінодальні криві (хімічна та когерентна спінодалі). Спінодальний розпад пересиченого розчину. Уява про модульовані структури. Амплітуда та довжина хвилі концентраційної модуляції. Максимальна температура мікророзшарування пересиченого розчину.

Тема 3. Фізика поверхневих явищ.

Поверхневі явища в металах та сплавах. Поверхневий тиск Лапласа та кристалоповерхневий тиск Вульфа. Теорема Вульфа щодо взаємного розміщення граней кристалу при встановленні механічної рівноваги з оточувальним

середовищем. Принцип Гіббса-Кюри-Вульфа. Рівноважний габітус і симетрія кристалів.

Фізична адсорбція. Рівняння Гіббса для адсорбції. Горофільні та горофобні адсорбати. Ефект Ребіндера. Рівняння Мак Ліна для зерномежових сегрегацій домішкових або легувальних елементів.

Змістовий модуль 2. Термодинаміка фазових перетворень та дефектів кристалічної будови.

Тема 4. Фізична теорія кристалізації.

Кристалізація в однокомпонентній системі. Термодинамічні умови кристалізаційного процесу. Фазові переходи I-го та II-го роду. Формування гомогенних зародків з позиції термодинаміки та молекулярно-кінетичної теорії. Розмір та робота утворення критичного зародка. «Підкладочна» дія нерозчинних домішок (вкрапель надлишкових фаз). Крайовий кут «змочування» та співвідношення Юнга. Робота утворення гетерогенного зародка. Поліморфні перетворення та їх причини.

Кристалізація у складній системі. Склад зародка у бінарній системі. Правило Томсона-Фрейдліха-Гіббса. Рівновага сферичної частинки фази виділення з насиченого розчину. Розмір критичного зародка у бінарній системі. Рушійна сила утворення зародка.

Коалесценція (коагуляція) надлишкових фаз. Ефект колоїдної рівноваги ансамблю рівнорозмірних сферичних частинок фази виділення з матрицею.

Кінетика кристалізаційних процесів. Параметри кристалізації та їх зв'язок з температурою переохолодження. Формула Холмогорова-Джонсона-Мейла. Теорія побудови кривих ізотермічного розпаду пересичених розчинів (наприклад, аустеніту сталі). Загальна швидкість кристалізації. Сігмодальні криві та їх зв'язок з переохолодженням. Принцип конкуруючих спроможностей реалізації фазового перетворення. Правило сходинок Освальда.

Тема 5. Дифузія в металах і сплавах.

Самодифузія та гетеродифузія компонентів. Ентропійний принцип дифузійного перемішування речовин. I-ий та II-ий закони Фіка. Розв'язок другого рівняння Фіка та його аналіз. Криві Матано.

Температурний коефіцієнт дифузії. Парціальний та істинний коефіцієнти дифузії. Термодинамічний аналог статичного коефіцієнта дифузії. «Висхідна» дифузія. Приклади.

Нерівноважна дифузія. Формула Даркена. Ефект Кіркендалла. Механізми та види дифузії. Приклади з практики використання дифузійних явищ.

Тема 6. Пружні властивості та енергетика дислокацій і дислокаційних меж.

Енергія різних типів дислокацій. Енергія дислокаційної межі та її залежність від кута дезорієнтації суміжних кристалів. Сила, що діє на одиницю довжини дислокаційної лінії. Зв'язок між дотичним напруженням і радіусом кривини дислокаційного сегмента, що є закріпленим на своїх кінцях. Дислокаційні джерела (плоский та просторовий) Франка-Ріда.

Розщеплення повних дислокацій в ГЦК і ОЦК ґратках та його енергетичні умови. Розтягнуті дислокації та особливості їх пересування.

Дислокаційні реакції. Критерії Франка щодо цих реакцій. Часткові дислокації Шоклі і Франка. Вершинна часткова дислокація Шоклі та дислокаційний бар'єр Ломер-Коттрелла. Взаємодія повних паралельних дислокацій між собою та з атомами домішок. Домішкові атмосфери навколо ліній дислокацій (пружні, хімічні та електричні).

Рух дислокацій у кристалах. Перешкоди цьому рухові з боку інших дислокацій. Перетворення одних дефектів будови в інші (іншої мірності). Енергетичні умови схлопування вакансійних дисків.

Тема 7. Фізичні основи міцності і пластичності.

Теоретична та реальна міцність кристалів. Теорії зміцнення кристалів при наклепі (теорії Зегера, Гілмана та Кульман-Вільсдорф). Змінювання «тонкої» структури металів і сплавів, а також їх основних властивостей при підвищенні загальної густини дислокацій та інших дефектів будови.

Зміцнення металів при легуванні. Механізм подолання перешкод (бар'єрів) дислокаціями (модель Орована та інші). Дислокаційні моделі механічного та дисперсійного старіння (твердіння). Деякі дислокаційні механізми утворення тріщин.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів 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
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основи фізичного металознавства												
Тема 1. Вступ. Конденсований стан речовини та між-атомні сили взаємодії.	8	2		–		6	8	0,5		–		7,5
Тема 2. Фізична термодинаміка твердих тіл.	46	10		7		29	46	2		1		43
Тема 3. Фізика поверхневих явищ.	6	2		–		4	6	0,5		–		5,5
Разом за змістовим модулем 1	60	14		7		39	60	3		1		56

Змістовий модуль 2. Термодинаміка фазових перетворень та дефектів кристалічної будови												
Тема 4. Фізична теорія кристалізації.	22	5		2		15	22	1		–		21
Тема 5. Дифузія в металах і сплавах.	8	2		1		5	8	0,5		–		7,5
Тема 6. Пружні властивості та енергетика дислокацій і дислокаційних меж.	22	6		3		13	22	1		1		20
Тема 7. Фізичні основи міцності і пластичності.	8	1		1		6	8	0,5		–		7,5
Разом за змістовим модулем 2	60	14		7		39	60	3		1		56
Усього годин	120	28		14		78	120	6		2		112
Модуль 2												
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
Усього годин												

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розв'язання задач з використанням основного рівняння термодинаміки. Встановлення аналітичних співвідношень, що визначають той чи інший вид рівноваги термодинамічної системи.	2
2	Встановлення виду функцій стану, отримання та аналіз виразів повних диференціалів ентальпії, вільних енергій Гіббса і Гельмгольца, ентропії тощо.	2
3	Розв'язання задач з використанням виразів для статистичної ентропії (формула Больцмана та її похідні).	1

4	Доведення деяких важливих співвідношень термодинаміки твердих розчинів. Геометричний аналіз кривих вільної енергії для встановлення характеру рівноважної структури сплавів.	1
5	Побудова діаграм стану методами рівноважної термодинаміки (аналітичний метод та метод «натягнутої струни»).	1
6	Розв'язання задач з теорії кристалізації в однокомпонентній та бінарній термодинамічних системах.	2
7	Розв'язання задач з теорії дифузії.	1
8	Розв'язання задач з пружних властивостей дислокацій, а також з фізичних теорій міцності та пластичності.	4
	Усього	14

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Види конденсованого стану речовини. Поняття близького та далекого порядків. Основні види міжатомних взаємодій у твердих тілах.	1
2	Потенціальна (конфігураційна) енергія реальних кристалічних речовин. Хімічна та пружна компоненти цієї енергії. Конфігураційна ентропія твердих однокомпонентних тіл з дефектами кристалічної будови.	3
3	Термодинаміка точкових дефектів та дефектів більшої мірності. Рівноважні та нерівноважні дефекти будови.	1
4	Дефекти пакування та їх взаємодія з атомами домішок або легувальних елементів.	1
5	Функції стану та параметри рівноваги термодинамічної системи. Основні співвідношення. Поняття хімічного потенціалу компонента системи. Оборотні та необоротні процеси. Поняття квазістатичного процесу. Основне рівняння термодинаміки (узагальнене рівняння I та II законів термодинаміки у диференціальній формі).	3
6	Вільна енергія Гіббса (або Гельмгольца) як універсальний критерій рівноваги відкритої термодинамічної системи. Види рівноваги та їх математичні умови. Ентропійне формулювання другого закону термодинаміки.	3

7	Термічні стани та термічна ентропія у статистичній трактовці Больцмана. Статистика Максвелла-Больцмана. Фактор Больцмана і сума станів (парціальна функція). Швидкість реакції (швидкість елементарного процесу) і час релаксації. Рівняння Ареніуса.	3
8	Теорії теплоємності Ейнштейна і Дебая для кристалічних речовин. Теплоємність фаз постійного та змінного складів. Правило Неймана-Копфа.	1,5
9	Ентропія бінарного твердого розчину з випадковим розподілом атомів розчинної речовини. Ентропійна крива та її особливості.	1,5
10	Можливості і границі очищення металів від домішок. Метод зонного очищення Пфана.	1
11	Конфігураційна частина внутрішньої енергії твердого розчину. Знак і величина енергії змішання. Поняття ідеального, регулярного та іррегулярного твердих розчинів. Форми кривих внутрішньої енергії.	3
12	Вільна енергія твердих розчинів. F- (або G-) криві. Форма і поведінка F-кривих при змінюванні температури. Кривина F-кривих. Вільна енергія фазової суміші в аналітичній та геометричній трактовках.	3
13	Стабільний стан бінарного сплаву. Принцип загальної дотичної (принцип натягнутої струни). Елементи геометричної термодинаміки. Геометрична трактовка парціальних хімічних потенціалів. Вільні енергії, склад та концентраційні інтервали існування проміжних фаз.	3
14	Рівняння фазової рівноваги. Правило фаз Гіббса. Теоретична побудова діаграм фазової рівноваги (стану) сплавів. Залежність розчинності від температури. Форма ліній сольвусу первинних твердих розчинів. Експоненціальний закон розчинності компонентів в слабких розчинах.	3
15	Спінодальні криві (хімічна та когерентна спінодали). Спінодальний розпад пересиченого розчину. Уява про модульовані структури. Амплітуда та довжина хвилі концентраційної модуляції. Максимальна температура мікророзшарування пересиченого розчину.	3
16	Поверхневі явища в металах та сплавах. Поверхневий тиск Лапласа та кристалоповерхневий тиск Вульфа. Теорема Вульфа щодо взаємного розміщення граней кристалу при встановленні механічної рівноваги з оточувальним середовищем. Принцип Гіббса-Кюрі-Вульфа. Рівноважний габітус і симетрія кристалів.	3
17	Фізична адсорбція. Рівняння Гіббса для адсорбції. Горофільні та горофобні адсорбати. Ефект Ребіндера. Рівняння Мак Ліна для зерномежових сегрегацій домішкових або легувальних елементів.	2

18	Кристалізація в однокомпонентній системі. Термодинамічні умови кристалізаційного процесу. Фазові переходи I-го та II-го роду. Формування гомогенних зародків з позиції термодинаміки та молекулярно-кінетичної теорії. Розмір та робота утворення критичного зародка.	3
19	«Підкладочна» дія нерозчинних домішок (вкраплень надлишкових фаз). Крайовий кут «змочування» та співвідношення Юнга. Робота утворення гетерогенного зародка.	2
20	Поліморфні перетворення та їх причини.	0,5
21	Кристалізація у складній системі. Склад зародка у бінарній системі. Правило Томсона-Фрейдліха-Гіббса. Рівновага сферичної частинки фази виділення з насиченого розчину. Розмір критичного зародка у бінарній системі. Рушійна сила утворення зародка.	3
22	Коалесценція (коагуляція) надлишкових фаз. Ефект колоїдної рівноваги ансамблю рівнорозмірних сферичних частинок фази виділення з матрицею.	1,5
23	Кінетика кристалізаційних процесів. Параметри кристалізації та їх зв'язок з температурою переохолодження. Формула Холмогорова-Джонсона-Мейля.	1,5
24	Теорія побудови кривих ізотермічного розпаду пересичених розчинів. Загальна швидкість кристалізації. Сігмодальні криві та їх зв'язок з переохолодженням. Принцип конкуруючих спроможностей реалізації фазового перетворення. Правило сходинок Освальда.	3
25	Самодифузія та гетеродифузія компонентів. Ентропійний принцип дифузійного перемішування речовин. I-ий та II-ий закони Фіка. Розв'язок другого рівняння Фіка та його аналіз. Криві Матано.	2,5
26	Температурний коефіцієнт дифузії. Парціальний та істинний коефіцієнти дифузії. Термодинамічний аналог статичного коефіцієнта дифузії. «Висхідна» дифузія.	1,5
27	Нерівноважна дифузія. Формула Даркена. Ефект Кіркендалла. Механізми та види дифузії.	1,5
28	Енергія різних типів дислокацій. Енергія дислокаційної межі та її залежність від кута дезорієнтації суміжних кристалів. Сила, що діє на одиницю довжини дислокаційної лінії.	2
29	Зв'язок між дотичним напруженням і радіусом кривини дислокаційного сегмента, що є закріпленим на своїх кінцях. Дислокаційні джерела (плоский та просторовий) Франка-Ріда.	2
30	Розщеплення повних дислокацій в ГЦК і ОЦК ґратках та його енергетичні умови. Розтягнуті дислокації та особливості їх пересування.	2

31	Дислокаційні реакції. Критерії Франка щодо цих реакцій. Часткові дислокації Шоклі і Франка. Вершинна часткова дислокація Шоклі та дислокаційний бар'єр Ломер-Коттрелла. Взаємодія повних паралельних дислокацій між собою та з атомами домішок.	3
32	Домішкові атмосфери навколо ліній дислокацій (пружні, хімічні та електричні).	1
33	Рух дислокацій у кристалах. Перешкоди цьому рухові з боку інших дислокацій. Перетворення одних дефектів будови в інші (іншої мірності). Енергетичні умови схлопування вакансійних дисків.	3
34	Теоретична та реальна міцність кристалів. Теорії зміцнення кристалів при наклепі (теорії Зегера, Гілмана та Кульман-Вільсдорф). Змінювання «тонкої» структури металів і сплавів, а також їх основних властивостей при підвищенні загальної густини дислокацій та інших дефектів будови.	2
35	Зміцнення металів при легуванні. Механізм подолання перешкод (бар'єрів) дислокаціями (модель Орована та інші).	2
36	Дислокаційні моделі механічного та дисперсійного старіння (твердіння). Деякі дислокаційні механізми утворення тріщин.	2
	Разом	78

8. Індивідуальні завдання

9. Методи навчання

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

10. Очікувані результати навчання з дисципліни

Розуміння в питаннях, що стосуються теоретичних розділів дисципліни. Орієнтування у складних питаннях взаємодії і перетворень дефектів атомної

будови, фізичної термодинаміки, фізики поверхневих явищ, теорії дифузії, фізики кристалізаційних процесів, кінетики росту зерен тощо; знаходити логічні зв'язки між суто фізичними явищами і розв'язувати задачі теоретичного та прикладного напрямків; оцінювати можливий вплив спостережуваних явищ на зміни структури і відповідно властивостей металів та сплавів.

11. Засоби оцінювання

Для студентів денної форми навчання: усне опитування на лабораторних заняттях, аудиторна контрольна робота, тестування.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, тестування.

При проведенні рубіжного контролю та екзамену враховуються усі види робіт, які виконуються студентами:

- відвідування лекцій та активна участь при вирішенні висунутих завдань;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- результати письмових відповідей на поставлені питання при рубіжних контролях;
- результати письмових відповідей при проведенні екзамену.

Поточне тестування та самостійна робота							Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				100	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
15	60	25	25	20	40	15		

T1, T2 ... T7 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» для студентів спеціальності 6.050403 денної та заочної форми навчання I частина / Укл.: В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2015. – 86с.

2. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» для студентів спеціальності 6.050403 денної та заочної форми навчання II частина / Укл.: В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2015. – 90с.

13. Рекомендована література

Базова

1. Котрелл А.Х. Стрoение металлов и сплавов / Котрелл А.Х. – М.: Металлургиздат, 1961. – 288с.

2. Кшнякин В.С. Основи фізичного матеріалознавства: навч. посіб. / В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. – Суми: СумДУ, 2015. – 466 с.

3. Бойко Ю.І. Фізика конденсованого стану в задачах і вправах: навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Ю.І. Бойко, В.В. Богданов. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2015. – 188 с.

4. Дурягіна З.А. Структурно-енергетичний стан внутрішніх та зовнішніх меж поділу у металевих системах (монографія) / З.А. Дурягіна, В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 456 с.

5. Мейер К. Физико-химическая кристаллография / Мейер К. – М.: Металлургия, 1972. – 480 с.

6. Свелин Р.А. Термодинамика твердого состояния / Свелин Р.А. – М.: Металлургия, 1968. – 314 с.

7. Чалмерс Б. Физическое металловедение / Чалмерс Б. – М.: Госиздат. Лит. по черным и цветным металлам, 1963. – 455с.

8. Смит М.Х. Основы физики металлов / Смит М.Х. – М.: Металлургиздат, 1962. – 456с.

9. Жданов Г.С. Физика твердого тела / Жданов Г.С. – М.: МГУ, 1962. – 501с.

10. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов / Новиков И.И. – М.: Металлургия, 1975. – 208с.

11. Натапов Б.С. Термическая обработка металлов: [учеб. пособие для вузов] / Гл.1 Ольшанецький В.Е. Общие закономерности структурных изменений при термической обработке. – К.: Вища школа, 1980. – 288с.

Допоміжна

1. Белоус М.В., Браун М.П. Физика металлов / М.В. Белоус, М.П. Браун. – К.: Вища школа, 1986. – 343с.

2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов / Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков. – М.: Атомиздат, 1978. – 352с.

3. Бокий Г.В. Кристаллохимия / Бокий Г.В. – М.: МГУ, 1960. – 356с.

4.Любов Б.Я. Кинетическая теория фазовых превращений / Любов Б.Я. – М.: Metallurgy, 1969. – 264с.

5.Смирнов А.А. Молекулярно-кинетическая теория сплавов / Смирнов А.А. – М.: Наука, 1966. – 488с.

6.Физическое металловедение / под ред. Кана Р. – М.: Мир. Вып.1, 2, 1968.

14. Інформаційні ресурси

1. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>

2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

3. Материаловедение <http://www.materialscience.ru/>

4. Материаловедение и ТКМ <http://www.twirpx.com/files/machinery/material/>

СИЛЛАБУС ФІЗИКА КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ МАТЕРІАЛІВ

Тип: нормативна

Курс (рік навчання): 2 (2)

Семестр: 4

Кредити: 4

Викладач: Ольшанецький Вадим Юхимович, докт. техн. наук, професор;
Кононенко Юлія Іванівна, ст. викладач

Розподіл годин: загальна кількість 120 годин (28 лекцій, 14 лабораторних занять, 78 годин самостійної роботи).

Лекції, лабораторні роботи, розрахункові завдання.

Метою викладання теоретичної навчальної дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» є створення наукової бази для успішного засвоєння багатьох науково-технічних курсів, що визначають необхідний фаховий рівень спеціальності «132 Матеріалознавство».

Вміст курсу: розвинення знань та практичних навичок студентів в опануванні основних теоретичних понять та їх використання в прикладних справах.

Структура курсу:

1. Вступ. Конденсований стан речовини та міжатомні сили взаємодії.

2. Фізична термодинаміка твердих тіл (функції стану та параметри рівноваги термодинамічної системи; основне рівняння термодинаміки; термічна та конфігураційна ентропія; статистика Максвелла-Больцмана; рівняння Ареніуса; вільна енергія твердих розчинів; принцип загальної дотичної; рівняння фазової рівноваги; теоретична побудова діаграм фазової рівноваги сплавів; залежність розчинності від температури; спінодальний розпад пересиченого розчину; модульовані структури.

3. Фізика поверхневих явищ (поверхневий тиск Лапласа та кристалоповерхневий тиск Вульфа; принцип Гіббса-Кюри-Вульфа; фізична адсорбція; рівняння Гіббса для адсорбції; горофільні та горофобні адсорбати; ефект Ребіндера; рівняння Мак Ліна для зерномежових сегрегацій домішкових або легувальних елементів).

4. Фізична теорія кристалізації (формування гомогенних зародків з позиції термодинаміки та молекулярно-кінетичної теорії; розмір та робота утворення критичного зародка; «підкладочна» дія нерозчинних домішок; робота утворення гетерогенного зародка; рівняння Томсона-Фрейдліха-Гіббса; коалесценція (коагуляція) надлишкових фаз; ефект колоїдної рівноваги; кінетика

кристалізаційних процесів; параметри кристалізації та їх зв'язок з температурою переохолодження. Формула Холмогорова-Джонсона-Мейла; принцип конкуруючих спроможностей реалізації фазового перетворення; правило сходинок Освальда).

5. Дифузія в металах і сплавах (самодифузія та гетеродифузія компонентів; I-ий та II-ий закони Фіка% криві Матано; температурний коефіцієнт дифузії; зрівнювальна та «висхідна» дифузії; формула Даркена; ефект Кіркендалла; механізми та види дифузії).

6. Пружні властивості та енергетика дислокацій і дислокаційних меж (енергія різних типів дислокацій; сила, що діє на одиницю довжини дислокаційної лінії; дислокаційні джерела (плоский та просторовий) Франка-Ріда; розщеплення повних дислокацій в ГЦК і ОЦК ґратках; розтягнуті дислокації та їх пересування; дислокаційні реакції; часткові дислокації Шоклі і Франка; вершинна часткова дислокація Шоклі та дислокаційний бар'єр Ломер-Коттрелла; взаємодія дислокацій між собою та з атомами домішок; рух дислокацій у кристалах; гальмування дислокацій).

7. Фізичні основи міцності і пластичності (теоретична та реальна міцність кристалів; теорії зміцнення кристалів при наклепі (теорії Зегера, Гілмана та Кульман-Вільсдорф); зміцнення металів при легуванні)

Результати навчання:

загальні компетентності:

КЗ.01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ.03. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

КЗ.04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

КЗ.05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

КЗ.06. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

спеціальні (фахові) компетентності:

КС.05. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем.

КС.07. Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства.

КС.08. Здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності.

Очікувані програмні результати навчання:

ПРН1. Демонструвати володіння логікою та методологією наукового пізнання.

ПРН2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ПРН4. Передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі.

ПРН7. Володіти навичками, які дозволяють продовжувати вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ПРН8. Уміти застосовувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

Розуміння в питаннях, що стосуються теоретичних розділів дисципліни. Орієнтування у складних питаннях взаємодії і перетворень дефектів атомної будови, фізичної термодинаміки, фізики поверхневих явищ, теорії дифузії, фізики кристалізаційних процесів, кінетики росту зерен тощо; знаходити логічні зв'язки між суто фізичними явищами і розв'язувати задачі теоретичного та прикладного напрямків; оцінювати можливий вплив спостережуваних явищ на зміни структури і відповідно властивостей металів та сплавів.

Оцінювання: за результатами засвоєння дисципліни складається екзамен.

При проведенні рубіжного контролю та екзамену враховуються усі види робіт, які виконуються студентами: відвідування лекцій та активна участь при вирішенні висунутих завдань; виконання та захист лабораторних робіт; результати письмових відповідей на поставлені питання при рубіжних контролях; результати письмових відповідей при проведенні екзамену.

Для кінцевого контролю використовується наступна схема оцінювання розподілу балів (за засвоєння тем курсу) з отриманням підсумкової середньозваженої оцінки:

Поточне тестування та самостійна робота							Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				100	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
15	60	25	25	20	40	15		

T1, T2 ... T7 – теми змістових модулів.

У разі невідвідування занять з певних тем та несвоєчасного виконання розділів оцінка може знижуватись шляхом віднімання певної кількості балів у відповідності до вищевказаної таблиці. Зниження оцінки може бути скомпенсоване шляхом відпрацювання пропущених занять та виконання додаткових завдань.

Академічна доброчесність: студент повинен виконувати роботи самостійно, не допускається залучення при розв'язанні індивідуальних завдань інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

Література:

1. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» для студентів спеціальності 6.050403 денної та заочної форми навчання I частина / Укл.: В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2015. – 86с.

2. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» для студентів спеціальності 6.050403 денної та заочної форми навчання II частина / Укл.: В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2015. – 90с.

3. Котрелл А.Х. Строение металлов и сплавов / Котрелл А.Х. – М.: Металлургиздат, 1961. – 288с.

4. Кшнякин В.С. Основы фізичного матеріалознавства: навч. посіб. / В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. – Суми: СумДУ, 2015. – 466 с.

5. Бойко Ю.І. Фізика конденсованого стану в задачах і вправах: навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Ю.І. Бойко, В.В. Богданов. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2015. – 188 с.

6. Дурягіна З.А. Структурно-енергетичний стан внутрішніх та зовнішніх меж поділу у металевих системах (монографія) / З.А. Дурягіна, В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 456 с.

7. Мейер К. Физико-химическая кристаллография / Мейер К. – М.: Металлургия, 1972. – 480 с.

8. Свелин Р.А. Термодинамика твердого состояния / Свелин Р.А. – М.: Металлургия, 1968. – 314 с.

9. Чалмерс Б. Физическое металловедение / Чалмерс Б. – М.: Госиздат. Лит. по черным и цветным металлам, 1963. – 455с.

10. Смит М.Х. Основы физики металлов / Смит М.Х. – М.: Металлургиздат, 1962. – 456с.

11. Жданов Г.С. Физика твердого тела / Жданов Г.С. – М.: МГУ, 1962. – 501с.

12. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов / Новиков И.И. – М.: Металлургия, 1975. – 208с.

13. Натапов Б.С. Термическая обработка металлов: [учеб. пособие для вузов] / Гл.1 Ольшанецький В.Е. Общие закономерности структурных изменений при термической обработке. – К.: Вища школа, 1980. – 288с.

14. Белоус М.В., Браун М.П. Физика металлов / М.В. Белоус, М.П. Браун. – К.: Вища школа, 1986. – 343с.

15. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов / Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков. – М.: Атомиздат, 1978. – 352с.

16. Бокий Г.В. Кристаллохимия / Бокий Г.В. – М.: МГУ, 1960. – 356с.

17. Любков Б.Я. Кинетическая теория фазовых превращений / Любков Б.Я. – М.: Металлургия, 1969. – 264с.

18. Смирнов А.А. Молекулярно-кинетическая теория сплавов / Смирнов А.А. – М.: Наука, 1966. – 488с.

19. Физическое металловедение / под ред. Кана Р. – М.: Мир. Вып.1, 2, 1968.

Інформаційні ресурси

1. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>

2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

3. Материаловедение <http://www.materialscience.ru/>

4. Материаловедение и ТКМ <http://www.twirpx.com/files/machinery/material/>