

Розробники²: Цареградська Тетяна Леонідівна, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Боровий М.О.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від 7 травня 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №21 від 10 травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії _____
(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2019 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (радї навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання знань з теорії процесів фазоутворення в аморфних та нанокристалічних системах, а також фізичних властивостей наноматеріалів, отриманих при загартуванні з розплаву та керованим наноструктуруванням з аморфного стану.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати принципи термодинаміки, загальні умови термодинамічної рівноваги, метод термодинамічних потенціалів, умови рівноваги в гомогенних та гетерогенних системах, парціальні та інтегральні термодинамічні функції, термодинамічні функції ідеальних та реальних розчинів.
2. Вміти застосовувати на практиці метод термодинамічних потенціалів Гіббса, розраховувати криві рівноваги та будувати діаграми стану, аналізувати основні типи діаграм стану двокомпонентних систем за допомогою ізобаро-ізотермічного потенціалу.
3. Володіти елементарними навичками графічно визначати парціальні та відносні парціальні термодинамічні функції за відомими інтегральними для бінарних систем, розраховувати парціальні та відносні парціальні функції для одного з компонентів за відомими парціальними функціями другого компонента.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Аморфні та наноструктурні металеві системи» розглядаються сучасні досягнення в області теорії аморфізації металевих систем, в області опису фізичних закономірностей та практичного використання наноматеріалів, отриманих гартуванням з розплаву та керованим наноструктуруванням з аморфного стану. Метою вивчення дисципліни є засвоєння основних законів теорії нуклеації у застосуванні до аморфних металевих систем, методів та властивостей наноматеріалів, отриманих гартуванням з розплаву та керованим наноструктуруванням з аморфного стану, а також теорії високотемпературної стабільності аморфних сплавів. Навчальна задача курсу полягає в оволодінні методами розрахунку та експериментальних вимірювань основних параметрів процесу кристалізації для конкретних аморфних систем. Результати навчання полягають в умінні застосовувати закони теорії нуклеації бінарних та багатокомпонентних систем для розв'язання практичних задач. Методи викладання: лекції, консультації, лабораторні роботи. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, оцінювання лабораторних робіт, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з особливостями процесів аморфізації металевих систем, навчання методам розрахунку основних характеристик процесів фазоутворення для конкретних бінарних систем, навчання методам вимірювання параметрів процесу кристалізації аморфних сплавів.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика наносистем») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та комплексні проблеми у процесі навчання із застосуванням сучасних теорій та процесів дослідження наноструктур із використанням комплексу методів.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

- Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність використовувати професійно-профільовані знання в галузі фізики.
- Здатність використовувати основні методи програмування та моделювання у фізиці.
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання у фізиці.

Фахових:

- Володіння принципами структурної й функціональної побудови наноструктур.
- Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації, розробка і впровадження інформаційних систем, виявлення та використання оптимального програмного забезпечення у фізиці наноструктур.
- Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей наноструктур.
- Здатність застосовувати знання з фізики аморфних та наноструктурних металевих систем.
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наноструктур.
- Здатність використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій для дослідження наноструктур.

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знання теорії високотемпературної стабільності аморфних сплавів; закономірності та особливості явища фазового розшарування в аморфних сплавах.	лекції	Модульна контрольна робота	20
1.2	Знання фізичних властивостей наноматеріалів, отриманих гартуванням з розплаву та керованим наноструктуруванням з аморфного стану (контрольованим відпалом та мегапластичною деформацією).	лекції	Модульна контрольна робота	20
2.1	Опанування експериментальних методик досліджень аморфних сплавів. Вміння визначати параметри термостабільності аморфних сплавів.	Лабораторні роботи	Захист лабораторних робіт	10
2.2	Вміння розраховувати фізичні властивості наноматеріалів, отриманих гартуванням з розплаву та керованим наноструктуруванням з аморфного стану.	Лабораторні роботи	Захист лабораторних робіт	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	2.1	2.2
Програмні результати навчання				
ПРН 1.3. Знати методи отримання, особливості структури та властивостей аморфних та наноструктурних металевих систем.	+	+	+	
ПРН 2.4. Вміти обирати відповідні програмні пакети для наукових розрахунків.				+

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «**Особливості процесів фазоутворення в аморфних сплавах**», який включає в себе 8 лекцій та 3 лабораторні роботи та «**Високотемпературна стабільність аморфних сплавів та шляхи керованого наноструктурування з аморфного стану**», який складається з 7 лекцій та 3-х лабораторних робіт.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (12 балів-20 балів). Захист лабораторних робіт(6 балів-10 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (12 балів-20 балів). Захист лабораторних робіт(6 балів-10 балів).

- підсумкове оцінювання у формі екзамену

Підсумкове оцінювання у формі екзамену³: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	екзамен	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.⁴

(слід чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

³ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (**100 балів** - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен**).

⁴ У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
Частина 1. Особливості процесів фазоутворення в аморфних сплавах				
1	Тема 1. Аналіз особливостей процесу кристалізації для модельних бінарних сплавів з різним типом діаграм стану («сигара» та «евтектика»). Термодинамічний критерій легкої аморфізації для бінарних сплавів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Механічні властивості сплавів в аморфному стані.	2		8
2	Тема 2. Структурні моделі аморфного стану. Квазірідкі та псевдокристалічні моделі аморфного стану. Нанокристали та нанокластери. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Хімічні властивості АМС, корозія АМС.	2		8
3	Тема 3. Кінетика нуклеації аморфних металевих сплавів системи Fe-B. Методи отримання та досліджень аморфних сплавів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до виконання лабораторної роботи. Лабораторна робота 1 (Вступ до лабораторних робіт). Ознайомлення з правилами техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт та правилами оформлення звітів з лабораторних робіт. Ознайомлення з методами обробки результатів, отриманих в ході виконання лабораторних робіт. Підготовка зразка аморфного сплаву до вимірювання.	2	4	8
4	Тема 4. Дифузія в аморфних металевих сплавах. Особливості процесу старіння аморфних сплавів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Магнітні властивості АМС; вплив неупорядкованого розташування атомів на феромагнітні властивості.	2		8
5	Тема 5. Структурна релаксація в аморфних сплавах. Параметри впорядкування аморфного стану. Низькотемпературна релаксація. Кінетика процесів релаксації Лабораторна робота 2. Ознайомлення з дилатометричною методикою. Отримання експериментальних даних для побудови температурної залежності відносної зміни об'єма в процесі нагрівання та охолодження аморфного сплаву з постійною швидкістю. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Обробка експериментальних результатів, отриманих при виконанні лабораторної роботи. Універсальні критерії аморфізації (вплив швидкості охолодження, залежність від діаграми стану)..	2	6	8
6	Тема 6. Зародкоутворення та спінодальний розпад. Основи положення феноменологічної теорії спінодального розпаду. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до виконання лабораторної роботи. Геометричні та хімічні критерії аморфізації.	2		8
7	Тема 7. Аналіз фазових перетворень в аморфних бінарних системах з розшаруванням. Фазове розшарування в аморфних сплавах системи Fe-Zr та Ni-Zr Лабораторна робота 3. Розрахунок та побудова температурної залежності відносної зміни об'єма в процесі нагрівання та охолодження аморфного сплаву.	2	4	8

	<p><i>Визначення параметрів термостабільності аморфного сплаву: температури початку інтенсивної кристалізації, температури повної кристалізації, інтервалу кристалізації. Розрахунок коефіцієнту лінійного розширення сплаву в аморфному та кристалічному станах.</i></p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Обробка експериментальних результатів, отриманих при виконанні лабораторної роботи.</p> <p>Структурні критерії аморфізації.</p>			
8	<p>Тема 8. Схильність сплавів до аморфізації, напівемпіричні критерії, вплив легування. Температурно-часова стабільність аморфних сплавів.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.</p> <p>Електронні критерії аморфізації.</p>	2		8
	<p><i>Контрольна робота 1</i></p> <p><i>Захист лабораторних робіт</i></p>		2 2	
Частина 2. Високотемпературна стабільність аморфних сплавів та шляхи керованого наноструктурування з аморфного стану				
9	<p>Тема 9. Термодинамічна теорія високотемпературної стабільності бінарних аморфних сплавів. Розрахунок тиску, обумовленого наявністю пружних напружень на границі аморфної та кристалічної фази.</p> <p>Лабораторна робота 4. Розрахунок об'ємної частки кристалічної фази в аморфному сплаві за даними експериментальних дилатометричних досліджень (при неперервному нагріванні та після низькотемпературного ізотермічного відпалу).</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до виконання лабораторної роботи.</p> <p>Кінетика аморфізації. ТГТ-діаграми</p>	2	4	8
10	<p>Тема 10. Основні положення термодинамічної теорії високотемпературної стабільності багатокомпонентних аморфних сплавів.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до виконання лабораторної роботи.</p> <p>Аналіз можливості аморфізації для модельних бінарних сплавів з різним типом діаграм стану: евтектичного типу та типу «сигара».</p>	2		8
11	<p>Тема 11. Модель вмерожених центрів кристалізації. Умова розчинення вмерожених центрів кристалізації в аморфній матриці. Висхідна дифузія.</p> <p>Лабораторна робота 5. Розрахунок радіусу критичного зародка та роботи утворення критичного зародка в аморфному сплаві заданого складу.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Вплив опромінення на структуру та властивості АМС.</p>	2	4	8
12	<p>Тема 12. Розрахунок умов термодинамічно рівноважного стану для вмерожених центрів кристалізації.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Підготовка до виконання лабораторної роботи.</p> <p>Аморфні надпровідники.</p>	2		8
13	<p>Тема 13. Аморфно-нанокристалічні сплави: фізичні властивості, методи отримання та дослідження.</p> <p>Лабораторна робота 6. Розрахунок частоти зародкоутворення та лінійної швидкості росту кристалів в бінарному аморфному сплаві при заданих параметрах.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Спінове скло.</p>	2	4	8

14	Тема 14. Методи керованого наноструктурування з аморфного стану. Термодинамічні шляхи впливу на розмір заморожених центрів кристалізації. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		8
15	Тема 15. Фізичні властивості наноматеріалів, отриманих керованим наноструктуруванням з аморфного стану. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.	2		8
	Підсумкова модульна контрольна робота Захист лабораторних робіт		2 4	
	ВСЬОГО	30	30	120

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 180 год.⁵, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття - **0 год.**

Лабораторні заняття - **30 год.**

Тренінги - **0 год.**

Консультації - **___ год.**

Самостійна робота - **120 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁶:

Основна: (Базова)

1. А.П. Шпак, В.І. Лисов, Ю.А. Куницький. Кластерные и наноструктурные материалы, т.2, Київ: Академперіодика, 2002 – 539с.
2. Аморфные металлические сплавы / Под ред.Ф.Е. Любарского. М., 1987. 582 с.
3. В.А. Лихачев, В.Е. Шудегов. Принципы организации аморфных структур. Издательство С.-Петербургского унив-та, 1999. – 228 с.
4. А.П. Шпак, В.І. Лисов, Ю.А. Куницький, Т.Л. Цареградська. Кристалізація і аморфізація металевих систем. Київ: Академперіодика, 2002 – 208 с.
5. Металлические стекла. Вып. 1: Ионная структура, электронный перенос и кристаллизация / Под ред. Г. Гюнтеродта, Г. Бека. М., 1983. 376 с.
6. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы. М., 1987. 328 с.
7. Л.А. Булавін, В.І. Лисов, С.Л. Рево, В.І. Оглобля, Т.Л. Цареградська. Фізика іонно-електронних рідин. Монографія. Київ, Вид.-поліграфічний центр „Київський університет”, 2008, 384 с.
8. <http://www.twirpx.com/file/506476/>

Додаткова:

1. Абросимова Г.Е. Эволюция структуры аморфных сплавов. Успехи физических наук. Том 181, № 12, 2011, с.1265.
2. А.М. Глзєр, Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы. Рос. хим. ж., 2002, т. XLVI, №5, с.57-63.
3. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М., 1986. 558 с.
4. Дембовский С. А. Четкина Е. А. Стеклообразование. М., 1990. 279 с.
5. <http://www.twirpx.com/file/142514/>
6. <http://www.twirpx.com/file/33385/>
7. <http://www.twirpx.com/file/360775/>
8. <http://gen.phys.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2013/02/thermodynamic.pdf>
9. https://docs.google.com/file/d/1DkSrmiB98ng7ALS9SsKugThO3bgtzyxmzSNk4AXFl_V2Vwp_y_XW3TC6gT5-/edit

⁵ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁶ В тому числі Інтернет ресурси