



ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАЙБУТНЬОГО

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 (120 годин) 4 кредити ЕКТС (120 академічних годин), 36 год. лекцій, 18 год. практичних робіт, 66 год. СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Бурмак Андрій Петрович, 067-278-37-74, burmak@kpm.kpi.ua Лекційні: к.т.н., доцент Бурмак Андрій Петрович, 067-278-37-74, burmak@kpm.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., доцент Бурмак Андрій Петрович, 067-278-37-74, burmak@kpm.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/c/MjU4NDkyOTM5ODAx</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна належить до переліку дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми другого рівня вищої освіти - магістра та складається з одного кредитного модулю.

***Предмет навчальної дисципліни:** Базові уявлення про створення нових функціональних матеріалів в залежності від їх властивостей, вміння оптимізувати, з економічної та технологічної точки зору, технології виготовлення функціональних матеріалів; використовувати нові методи та методики дослідження функціональних матеріалів.*

***Особливість подання цієї проблематики студентам спеціалізації:** особливістю подання матеріалу є наголос на плануванні і виконанні експериментальних досліджень, обробці результатів експерименту з використанням спеціалізованого програмного забезпечення та кристалографічних баз даних, інформаційних технологій, правильній інтерпретації результатів; розробляння фізичних моделей матеріалів та процесів.*

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей у відповідності до ОПП, а саме:

Код компетентності	Зміст компетентності
K3.01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
K3.02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
СК.01	Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення
СК.02	Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту.
СК.03	Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується.
СК.10	Здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

PH 1	Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.
PH 2	Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі.
PH 4	Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства
PH 11	Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства.
PH 18	Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

Алгоритми дій в стандартних професійних ситуаціях:

Працюючи особисто із використанням даних щодо хімічного складу матеріалу або його компонентів, їх структури та властивостей, а також режимів термічної обробки за допомогою методів рентгеноструктурного аналізу та вторинної іонної маспектрометрії студент зможе проводити визначення параметрів кристалічної структури, рівень напруженого стану в матеріалі, отримувати дані про якісний та кількісний фазовий склад досліджуваних матеріалів; застосовувати сучасне програмне забезпечення та бази даних для обробки одержаних результатів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна є базовою для таких дисциплін: «Спеціальні фізичні методи досліджень матеріалів», «Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур». В свою чергу, вона базується на курсах: «Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур», «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів», «Діагностика і

методи структурного аналізу матеріалів», «Фізика конденсованого стану», «Теоретична фізика», «Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Функціональні металеві матеріали з пам'яттю форми.

Тема 2. Пам'ять форми, надпружність, демпфуюча здатність. Міцність та пружність. Методики визначення пружних характеристик матеріалів.

Тема 3. Від пружної поведінки до непружної релаксації.

Тема 4. Висока демпфуюча здатність високоентропійних сплавів. Внутрішнє тертя при мартенситному перетворенні.

Тема 5. Фазові перетворення в функціональних матеріалах.

Тема 6. Доменна структура феромагнетиків. Петля гістерезису і магнітні характеристики феромагнітних матеріалів. Магнітотверді та магнітом'які матеріали.

Тема 7. Методи дослідження фазових перетворень: вимірювання магнітних характеристик матеріалів.

Тема 8. Структурні бездифузійні фазові перетворення та загальний опис мартенситних перетворень.

Тема 9. Кристалографічна схема дисторсійних фазових переходів типу зсуву. Фазові переходи між політипними структурами.

Тема 10. Деформація з інваріантної ґраткою: наслідки для конструкційних та функціональних матеріалів.

Тема 11. Фазова стабільність при мартенситному перетворенні на прикладі ряду сполук ZrCo-ZrNi-ZrCu.

Тема 12. Хімічний зв'язок та зміни у кристалічній структурі при мартенситному перетворенні на прикладі ряду сполук ZrCo-ZrNi-ZrCu.

Тема 13. Термодинаміка і кінетика мартенситних перетворень. Загальні поняття та методи досліджень.

Тема 14. Кінетика мартенситного перетворення. Диференційна скануюча калориметрія. Дилатометрія.

Тема 15. Функціональні властивості сучасних сплавів з пам'яттю форми.

Тема 16. Високоентропійні сплави з пам'яттю форми.

Тема 17. Магнітомеханічні ефекти в NiMnGa.

Тема 18. Проблеми загальні для всіх високотемпературних сплавів з ефектом пам'яті форми.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Г.С. Фірстов. Функціональні матеріали з пам'яттю форми: сучасний стан і перспективи використання, Вісник НАН України, 2018, №6, С. 19-34.
2. Високотемпературні сплави з пам'яттю форми/ Г.С. Фірстов // К. : Наукова думка, 2019. – 200 с.
3. Guo S., Liu C.T. Phase stability in high entropy alloys: Formation of solid-solution phase or amorphous phase. Prog. Nat. Sci.: Mater. Int. 2011. 21(6): 433.
4. Firstov G.S., Kosorukova T.A., Koval Yu.N., Odnosum V.V. High entropy shape memory alloys. Materials Today: Proceedings. 2015. 2: 499.
5. Firstov G.S., Kosorukova T.A., Koval Yu.N., Verhovlyuk P.A. Directions for High-Temperature Shape Memory Alloys' Improvement: Straight Way to High-Entropy Materials. Shape Memory and Superelasticity, 2015. 1: 400.

Додаткова

6. Senkov O.N., Scott J.M., Senkova S.V., Miracle D.B., Woodward C.F. Microstructure and room temperature properties of a high-entropy TaNbHfZrTi alloy. *Journal of Alloys and Compounds*. 2011. 509: 6043.
7. Lilensten L., Couzinié J.P., Perrière L., Bourgon J., Emery N., Guillot I. New structure in refractory high-entropy alloys. *Mater. Lett.* 2014. 132: 123.
8. Murty B.S., Yeh J.-W., Ranganathan S. *High-Entropy Alloys*. (Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014).
9. Tsau C.-H. Phase transformation and mechanical behavior of TiFeCoNi alloy during annealing. *Mater. Sci. Eng. A*. 2009. 501(1): 81.
10. Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys. *Mater. Sci. Eng. A*. 2004. 375: 213.
11. Yoneyama T., Miyazaki S. (eds.). *Shape Memory Alloys for Biomedical Applications*. (Woodhead Publ. Limited, 2009).
12. Fomenko L.S. Micromechanical properties of nanocrystalline titanium prepared by low-temperature rolling / L.S. Fomenko, A.V. Rusakova, S.V. Lubenets, V.A. Moskalenko // *Low temperature physics*. – 2010. – Vol. 36, №7. – P. 809–818.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

1. Матеріали з пам'яттю форми: перспективи розвитку.

Базова література: [1] с. 7-15, [3] с. 24-29.

Допоміжна література: [9] с. 17-19.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

2. Ефект пам'яті форми, спричинений мартенситним перетворенням за підвищених температур у відомих та нових металічних матеріалах.

Базова література: [2] с. 15-23, [3] с. 24-31.

Допоміжна література: [11] с. 7-9

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

3. Загальні проблеми матеріалів з високотемпературною пам'яттю форми.

Базова література: [1] с. 22-27, [2] с. 34-38.

Допоміжна література: [9] с. 67-73

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

4. Фазова стабільність, хімічний зв'язок та зміни у кристалічній структурі під час мартенситного перетворення на прикладі ряду сполук ZrCo-ZrNi-ZrCu.

Базова література: [1] с. 55-62, [2] с. 47-51.

Допоміжна література: [10] с. 211-213.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

5. Відносна стабільність B2, B33, B19' і Ст фаз, електронна структура та хімічний зв'язок.

Базова література: [1] с. 67-69, [3] с. 33-35.

Допоміжна література: [11] с. 111-115.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

6. Структурний механізм мартенситного перетворення хімічно однорідного B2 аустеніту на суміш мартенситних фаз.

Базова література: [1] с. 74-79, [2] с. 53-59.

Допоміжна література: [10] с. 215-220.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

7. Фізичні закономірності зміни температур мартенситного перетворення у сполуках ряду ZrCo-ZrNi-ZrCu, їх фазовий склад та незворотні процеси під час мартенситного перетворення.

Базова література: [1] с. 80-86, [2] с. 55-57.

Допоміжна література: [11] с. 97-99.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

8. Характеристичні температури мартенситного перетворення, кристалічна структура та фазовий склад у сполуках ряду ZrCo-ZrNi-ZrCu.

Базова література: [1] с. 85-89, [2] с. 57-61.

Допоміжна література: [11] с. 93-100.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

9. Незворотні процеси під час мартенситного перетворення вздовж розрізу $Zr_{50}Cu_{25}Co_{25}$ — $Zr_{50}Cu_{25}Ni_{25}$.

Базова література: [1] с. 85-89, [2] с. 60-61.

Допоміжна література: [10] с. 205-207.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

10. Сполуки на основі ZrCo-ZrNi-ZrCu та TiNiZr, TiNiHf — високотемпературні сплави з ефектом пам'яті форми з недефіцитним легуванням.

Базова література: [1] с. 91-95.

Допоміжна література: [11] с. 302

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

11. Процеси деформації високотемпературних сплавів з ефектом пам'яті форми, що передують відновленню форми.

Базова література: [1] с. 203-208, [3] с. 56-59.

Допоміжна література: [10] с. 300-302.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

12. Високотемпературне відновлення форми.

Базова література: [1] с. 101-104, [2] с. 68-72.

Допоміжна література: [9] с. 146-149.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

13. Схильність до окиснення нікеліду титану та високотемпературних сплавів з ефектом пам'яті форми.

Базова література: [1] с. 125-128, [2] с. 85-90.

Допоміжна література: [9] с. 116-118.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

14. Отримання високотемпературних сплавів з ЕПФ через аморфний стан: приклад $Zr_{50}(CuNi)_{50}$.

Базова література: [1] с. 211-216.

Допоміжна література: [9] с. 120-121.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

15. Збільшення мартенситної деформації за рахунок подрібнення субструктури (низькотемпературна термообробка нікеліду титану).

Базова література: [5] с. 10-19.

Допоміжна література: [6] с. 23-28.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

16. Ускладнення кристалографії мартенситного перетворення (повне відновлення форми при ЕПФ в інтерметаліді Ni_3Ta).

Базова література: [5] с. 96-105.

Допоміжна література: [13] с. 42-46.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

17. Мінімізація співвідношення АП/ТПЛ (МП та ЕПФ у сполуці HfIr).

Базова література: [5] с. 111-116.

Допоміжна література: [13] с. 56-62.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

18. Високоентропійні сплави з пам'яттю форми як втілення напрямків з покращення ВСЕПФ.

Базова література: [5] с. 10-16.

Допоміжна література: [6] с. 23-28, [12] с. 32-40.

Завдання на СРС: підготовка до заняття згідно з методичними вказівками.

Лабораторні заняття

1. Фазовий аналіз високоентропійних сплавів з ефектом пам'яті форми.

Мета роботи – встановити фазовий склад, параметри та тип кристалічної ґратки досліджуваних зразків високоентропійних сплавів за допомогою програмних комплексів PDXL та Match.

Література: [1] с. 7-15, [3] с. 24-29.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

2. Визначення залишкових напружень 1-го в сплавах з ефектом пам'яті форми.

Мета роботи – визначити залишкові напруження 1-го в сплаві з ефектом пам'яті форми з використанням рентгенографічних методів.

Література: [1] с. 22-27, [2] с. 34-38.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

3. Визначення фазового складу високотемпературних сплавів з ефектом пам'яті форми.

Мета роботи – визначити якісний та кількісний фазовий склад високотемпературних сплавів з ефектом пам'яті форми методом Рітвельда.

Література: [1] с. 67-69, [3] с. 33-35.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

4. Вимірювання магнітних характеристик функціональних матеріалів.

Мета роботи – засвоїти методи вимірювання магнітних характеристик функціональних матеріалів.

Література: [1] с. 80-86, [2] с. 55-57.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

5. Визначення зміни кристалографічної орієнтації при фазових перетвореннях.

Мета роботи – визначити зміну кристалографічної орієнтації при фазових перетвореннях у високоентропійних сплавах.

Література: [1] с. 85-89, [2] с. 60-61.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

6. Дослідження фазової стабільності при мартенситному перетворенні.

Мета роботи – дослідити фазову стабільність при мартенситному перетворенні на прикладі ряду сполук ZrCo-ZrNi-ZrCu.

Література: [1] с. 203-208, [3] с. 56-59.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

7. Визначення залишкових макроскопічних напружень методом $\sin^2\psi$. Вибір умов дослідження за даними якісного фазового аналізу, визначення параметрів кристалічної структури.

Мета роботи – визначити рівень напружень залишкових напружень методом $\sin^2\psi$

Література: [1] с. 101-104, [2] с. 68-72.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

8. Функціональні властивості сучасних сплавів з пам'яттю форми.

Мета роботи – засвоїти основні методи визначення функціональних властивостей сплавів з пам'яттю форми.

Література: [1] с. 101-104, [2] с. 68-72.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

9. Структурно-фазові перетворення в сплавах NiMnGa.

Мета роботи – визначити тип та параметри кристалічної ґратки фазових складових в сплавах NiMnGa

Література: [1] с. 125-128, [2] с. 85-90.

Завдання на СРС. Підготувати протокол. Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Вид самостійної роботи студента	Кількість робіт	Норма часу на роботу, год.	Термін часу, год.
Засвоєння додаткових до лекцій питань	18	1	18
Підготовка до лабораторних робіт та опрацювання результатів	9	2	18
Підготовка до МКР	1	6	6
Підготовка до заліку	1	6	24
		Всього	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. При очній формі навчання лекційні заняття проводяться в аудиторіях згідно розкладу занять. При змішаній формі навчання лекційні заняття можуть проводитись дистанційно, для цього використовується платформа ZOOM, і слухачу необхідно організувати собі таку можливість самостійно.

2. При очній формі навчання лабораторні роботи проводяться в комп'ютерному класі також згідно розкладу занять, в якому необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. Допускається використання власних ноутбуків. При змішаній формі навчання лабораторні роботи можуть проводитись дистанційно і слухачу необхідно самостійно забезпечити себе ПК, доступом до інтернету та встановити необхідне програмне забезпечення.

3. У разі запізнення на заняття слухачу необхідно приєднатись до нього як змога менше заважаючи іншим і процесу проведення заняття. У випадку часткового або повного пропуску лекційних занять слухачу необхідно дізнатись пропущені питання і опрацювати їх самостійно. У випадку пропуску лабораторних робіт слухачу необхідно домовитись з викладачем і відпрацювати їх, наприклад на консультаціях (заплановані в об'ємі 1 пари на тиждень).

4. Користуватись мобільними телефонами на парах заборонено, як виняток – з дозволу викладача. Звук на мобільних телефонах повинен бути вимкнений. Телефонні розмови під час

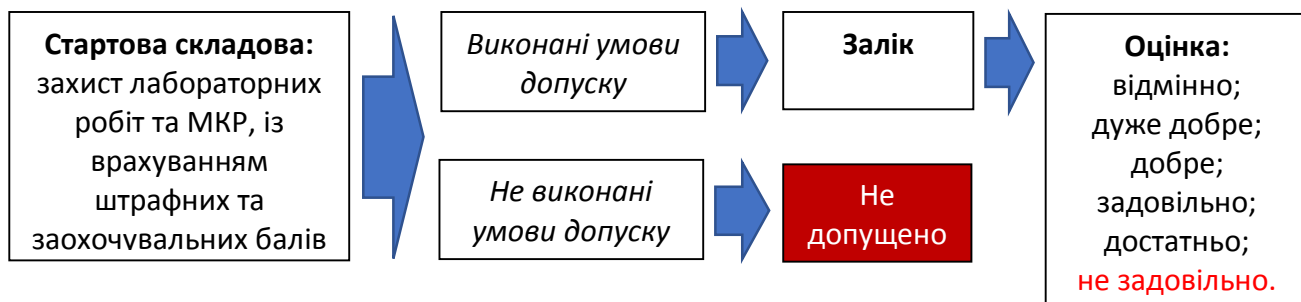
аудиторних занять неприпустимі, у разі невідкладних дзвінків слухачу необхідно вийти із аудиторії і провести розмову там.

5. Контрольна робота та залік проводяться за окремими правилами, які викладач повинен довести до слухачів на попередньому занятті і які залежать форми проведення навчання.

6. В усіх інших питаннях слухач повинен керуватися Правилами внутрішнього розпорядку КПІ ім. Ігоря Сікорського та Положенням про академічну доброчесність КПІ ім. Ігоря Сікорського.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Оцінювання результатів навчання слухачів відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Захист лабораторних робіт	18	2	36
МКР	1	24	24
Залік	1	40	40
Всього			100

Оцінювання захисту лабораторних робіт:

Критерії	Бали
до оформлення роботи немає зауважень, дані правильні відповіді при захисті роботи	2
є не принципові зауваження до оформлення роботи та/або дані відповіді з помилками при захисті роботи	1
є принципові зауваження до оформлення роботи та/або не дані відповіді (дані неправильні) при захисті роботи	робота не здана
несвоєчасний захист роботи	-1

МКР відбувається у вигляді проходження тесту який складається з 24 питань. За кожен правильну відповідь студент отримує один бал. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 15, МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються.

Умовою допуску до заліку є захист всіх лабораторних робіт, здана МКР та сумарний семестровий рейтинг більше 35 балів. Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 6) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач). На заліку слухачу необхідно дати розгорнуті відповіді на 4 питання, кожне з яких оцінюється за наступними критеріями:

Критерії	Бали
правильна відповідь, можливо з несуттєвими зауваженнями, повнота відповіді більша 90%	9-10
є не принципові зауваження, повнота відповіді більша 75%	7-8
є принципові зауваження, але можна вважати що суть питання розкрита, повнота відповіді не менша 60%	6
суть питання не розкрита та/або повнота відповіді менша 60%	0
не перше перескладання	-1

У випадку коли сумарна оцінка за залік менше 24 балів, залік вважається не складеним, при цьому бали не нараховуються. Для перескладання заліку є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У освітньому компоненті “СУЧАСНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ НИЗЬКОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР” денної форми навчання передбачено модульну контрольну роботу. Виконання самостійних завдань (СРС) розподілено рівномірно протягом семестру.

Перелік завдань до СРС видається студентам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.

Всі індивідуальні роботи (СРС, контрольна) вносяться до рейтингової системи оцінювання знань. Запроваджуються штрафні бали за несвоєчасну здачу.

Бали за рейтинговою системою проставляються у Кампусі в розділі Поточний контроль, результати атестації в розділі Атестація. Екзаменаційна відомість створюється і заповнюється в Кампусі, доступ до неї існує упродовж дня екзамену (виправлення і перескладання наступного дня не допускаються).

Для покращення сприйняття матеріалу, протягом аудиторних занять демонструється максимальна кількість прикладів практичного застосування можливостей рентгеноструктурного аналізу для дослідження різних матеріалів, а також результати сучасних експериментальних досліджень у вигляді презентацій.

Для дистанційної форми навчання протягом лекційних занять передбачається більш детальний опис теоретичного матеріалу, який студенти повинні засвоїти самостійно.

Засоби змішаного навчання. При вивченні даної дисципліни студенти повинні самостійно пройти комп'ютерне тестування для перевірки своїх знань при підготовці до модульної контрольної роботи. При вивченні даної дисципліни використовуються навчальні посібники, друкований і електронний підручник, який розміщений в локальній комп'ютерній мережі PhysMetNet та classroom.google.

Для студентів дистанційної форми навчання вся можлива наочна інформація та комплект інших навчально-методичних матеріалів, включно із завданнями для самостійного виконання надається в classroom.google в електронному вигляді, може надсилатися на адресу електронної пошти групи.

Спілкування з викладачем через Telegram та Viber.

Перелік запитань до контрольних робіт та семестрового контролю наведено в Додатках.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

***Складено:** к.т.н., доцент Бурмак Андрій Петрович*

Ухвалено кафедрою фізичного матеріалознавства та термічної обробки (протокол №12 від 22.06.2023 р.).

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №12/23 від 28.06.2023 р.).

Перелік запитань для контрольних робіт з курсу «Функціональні матеріали для технологій майбутнього»

1. Функціональні металеві матеріали з пам'яттю форми.
2. Мартенситне перетворення та ефект пам'яті форми.
3. Високотемпературні сплави з ефектом пам'яті форми (ВСЕПФ).
4. Ентропія змішування в сплавах з ефектом пам'яті форми.
5. Високоентропійні сплави з пам'яттю форми.
6. Сплави з ЕПФ медичного призначення.
7. Магнітомеханічні ефекти в сплаві Ni_2MnGa .
8. Пам'ять форми, надпружність, демпфуюча здатність.
9. Методики визначення пружних характеристик матеріалів
10. Методи визначення пружних модулів.
11. Релаксаційні явища та їх механізми у високоентропійних сплавах.
12. Нерелаксований та релаксований модулі.
13. Реологічні властивості матеріалів.
14. Механізми релаксаційних явищ.
15. Методи визначення внутрішнього тертя.
16. Визначення енергії активації релаксаційного процесу дифузії двохчастотним методом.
17. Дослідження мартенситних перетворень методом внутрішнього тертя.
18. Пасивне та активне демпфування.
19. Внутрішнє тертя при мартенситному перетворенні.
20. Вплив термічного циклування на механічні властивості функціональних матеріалів.
21. Вплив амплітуди на внутрішнє тертя.
22. Релаксаційні процеси в сплавах системи Ni-Ti.
23. Реорієнтація при навантаженні в сплавах системи Ni-Ti.
24. Циклічні тести в сплавах системи Ni-Ti.
25. Втрати енергії при псевдо пружному навантаженні.
26. Різниця у повних енергія між трьома структурами за Петтіфором.
27. Алотропія чистих металів.
28. Класифікація фазових перетворень.
29. Магнетизм та характеристики магнітних матеріалів.
30. Класифікація магнітних станів речовини.
31. Залежність Бете-Слетера.
32. Обмінна взаємодія та температура Кюрі.
33. Доменна структура феромагнетиків.
34. Петля гістерезису і магнітні характеристики феромагнітних матеріалів.
35. Магнітотверді та магнітом'які матеріали.
36. Методи дослідження фазових перетворень: вимірювання магнітних, характеристик матеріалів.
37. Структурна чутливість фізико-механічних властивостей.
38. Отримання магнітних полів.
39. Вимірювання напруженості магнітного поля.
40. Флюксометр (з-н електромагнітної індукції).

41. Вимірювання поля з використанням гальваномагнітних ефектів (ефект Холла).
42. Вимірювання магнітного поля.
43. Вимірювання намагнічуваності магнітного поля.
44. Індукційні методи – магнітометр Карліна.
45. Вібраційний магнітометр.
46. Структурні бездифузійні фазові перетворення та загальний опис мартенситних перетворень.
47. Класифікація фазових перетворень.
48. Класифікація за Олсоном та Коєном.
49. Мартенситне перетворення у вуглецевих сталях.
50. Орієнтаційні співвідношення аустеніт-мартенсит.
51. Визначення Курдюмова.
52. Структурні характеристики мартенситних перетворень сплавів з ЕПФ.
53. Кристалографічна схема реконструктивних фазових перетворень типу зсуву.
54. Кристалографічна схема дисторсійних фазових переходів типу зсуву. Фазові переходи між політипними структурами.
55. Щільноупаковані політипні структури.
56. Структурні характеристики мартенситних перетворень сплавів з ЕПФ
57. Вид деформації з інваріантної ґраткою: наслідки для конструкційних та функціональних матеріалів.
58. Деформація з інваріантною площиною.
59. Формування нанокристалічного аустеніту в результаті α - γ перетворення дифузійного характеру.
60. Мартенситні перетворення індуковані напруженням: деформування мартенситу та вплив залишкового аустеніту.
61. Ефект пам'яті форми: високі температури та стабільність.
62. Високоентропійні сплави з пам'яттю форми.
63. Ковзання дислокацій у високоентропійних сплавах з пам'яттю форми.
64. Термодинаміка і кінетика мартенситних перетворень.
65. Методи досліджень мартенситних перетворень.
66. Кінетика мартенситного перетворення.
67. Функціональні властивості сучасних сплавів з пам'яттю форми.
68. Деформування сплавів з ЕПФ – накопичення деформації та її відновлення при одній температурі (надпружність).
69. Загальні недоліки високотемпературних сплавів з ефектом пам'яті форми.