

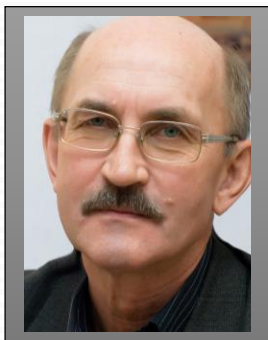


СИЛАБУС

навчальної дисципліни (обов'язкова) ОК05
ТЕРМОДИНАМІКА І КІНЕТИКА ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ
Обсяг освітнього компоненту (4 кредити/120 годин)

Освітня програма «Матеріалознавство та термічна обробка металів»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
Спеціальність – G8 Матеріалознавство

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА



Гіржон Василь Васильович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізичного матеріалознавства

Контактна інформація:

тел.: +380(67) 723 9560;

e-mail: vgirzhon@gmail.com

І навчальний корпус, аудиторія 166а

Час і місце проведення консультацій:

Згідно з графіком консультацій

ОПИС КУРСУ

В процесі вивчення дисципліни «Термодинаміка і кінетика фазових перетворень» студенти знайомляться з загальними поняттями фазових рівноваг, вивчають теоретичні передумови фазових перетворень, розглядають особливості фазових переходів I та II роду, вивчають вплив швидкості охолодження розплавів на процеси структуроутворення та особливості фазових перетворень.

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

1. Мета курсу – формування професійних компетенцій в області фізики фазових переходів I та II роду, термодинамічних основ цих перетворень і кінетики їх проходження; визначення функцій стану та параметрів, які впливають на стан системи і виступають як фактори, що спричиняють розвиток тих чи інших змін на рівні мікроструктури, оцінка кінетичної



конкурентоспроможності різних типів перетворень при значних переохолодженнях.

Завдання курсу – узагальнення системного уявлення про фізичні процеси, які відбуваються в металах при фазових переходах, новітні методи дослідження кінетики та типу фазових перетворень.

2. Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисципліни.

Інтегральна компетентність:

ІК1. Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми з матеріалознавства у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК5. Здатність працювати автономно.

ЗК6. Здатність працювати в команді.

ЗК8. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК1. Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.

СК2. Здатність планувати та проводити дослідження у сфері матеріалознавства в лабораторних і виробничих умовах із використанням сучасних методів та методик експерименту.

СК3. Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на методології наукового дослідження та особливостях проблеми.

СК05. Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробках (або у виробничих умовах).

СК06. Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів.

СК8. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію з питань матеріалознавства і дотичних проблем до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.

СК9. Здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення та випробування матеріалів і виробів для конкретних умов експлуатації.

СК10. Здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів.

СК11. Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, оброблення, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів.

Очікувані програмні результати навчання:



ПРН1. Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.

ПРН2. Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі, зокрема у виборі обладнання та технологій термічної, хіміко-термічної та термомеханічної обробки..

ПРН6. Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження під як під керівництвом так і самостійно.

ПРН10. Навички презентації наукового матеріалу та аргументів для добре інформованої аудиторії.

ПРН12. Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів.

ПРН15. Проектувати нові матеріали та технології термічної обробки, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів.

ПРН18. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати й оцінювати її.

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Вивченню навчальної дисципліни «Термодинаміка і кінетика фазових перетворень» передують загальні та фахові знання, отримані при вивченні курсів фізика конденсованого стану, кристалографія, дефекти кристалічної будови, фізичні властивості металів і сплавів.

Одержані знання з даної дисципліни можуть бути використані у подальшому в дослідницькій роботі, зокрема при вивченні структури металів і сплавів, їхніх фізико-хімічних властивостей та при написанні кваліфікаційних робіт.

ПЕРЕЛІК ТЕМ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Загальний тематичний план аудиторної роботи

Номер тижня	Теми лекцій, год.
1	2
Змістовий модуль 1. Поняття системи. Термодинамічні потенціали	
1	Вступ. Критерії рівноваги системи і її стійкості (2 год.) Термодинамічні потенціали або характеристичні функції (2 год.)
2	Термодинамічні потенціали або характеристичні функції (4 год.)
3	Системи із змінним числом частинок (4 год.)
Змістовий модуль 2. Кристалізація металевих сплавів.	
4	Стійкість системи. Критерії рівноваги (2 год.) Рівновага в системі, що складається з двох підсистем (2 год.)
5	Рівновага в системі, що складається з двох підсистем (2 год.) Рівновага у багатокомпонентній системі (2 год.)



6	Рівновага у багатокомпонентній системі (2 год.) Фазові переходи I та II роду та їхні термодинамічні ознаки (2 год.)
Змістовий модуль 3. Плавлення й кристалізація металів	
7	Теорія гомогенної кристалізації (4 год.)
8	Гетерогенне зародження кристалів (4 год.)
9	Ріст кристалів із розплаву (4 год.)
Змістовий модуль 4. Кінетика росту кристалів	
10	Рівняння Колмогорова-Аврамі-Мела-Джонсона (JMAK) (4 год.)
11	Рівняння Колмогорова-Аврамі-Мела-Джонсона (JMAK) (2 год.) Вплив швидкості охолодження розплаву на кристалізацію розплаву. C-подібні криві (2 год.)
12	Вплив швидкості охолодження розплаву на кристалізацію розплаву. C-подібні криві (4 год.)

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Номер тижня	Теми практичних занять, год.
1	2
2	Зв'язок між термодинамічними потенціалами (2 год.)
4	Хімічний потенціал. Фізичний зміст хімічного потенціалу (2 год.)
5	Закон діючих мас. Інваріантність системи (2 год.)
6	Фазові переходи I та II роду (2 год.)
8	Формування зародку на плоскій підкладці (2 год.)
11	C-подібні (TTT)- криві та їх тлумачення (2 год.)

САМОСТІЙНА РОБОТА

1. Типи матеріальних систем та їх означення – 2 тиждень.
2. Поняття фази. Зовнішні і внутрішні параметри термодинамічної системи – 2 тиждень – 3 тиждень.
3. Температура і ентропія системи матеріальних точок – 4 тиждень
4. Система матеріальних точок при постійних значеннях температури, тиску та кількості частинок – 7 тиждень
5. Термічна, механічна та дифузійна рівноваги. Хімічний потенціал – 6 тиждень.
6. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса – 12 тиждень
7. Фазові переходи II роду – 8 тиждень
8. Модель Фальмера – 9 тиждень
9. Поняття зародку критичного радіусу. Ймовірність виникнення гетерофазної флуктуації. Енергія активації – 10 тиждень
10. Форма кристалів та будова зливків. Одержання монокристалів – 10 тиждень
11. Графік кінетики перетворення (S-подібна крива або сигмоїда) – 11 тиждень
12. Закон Холла-Петча – 12 тиждень.



РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

Навчально-методичні розробки:

1. Конспект лекцій з дисципліни «Термодинаміка і кінетика фазових перетворень» знаходиться на платформі Moodle

Літературні джерела:

1. Монастирський Г. Є., Гільчук А. В., Пономаренко С. М. Термодинаміка та молекулярна фізика. – КИЇВ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 225 с.
2. Андреев В.О., Пінкевич І.П. Термодинаміка та статистична фізика. Конспект лекцій. Частина 1. - Київ, 2023. - 82 с.
3. Єрмолаєв О.М., Раба Г.І. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки. – Харків: ХНУ, 2004.
4. Кобилянський В.Б. Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.
5. Косинська О.Л. Конспект лекцій з дисципліни „Термодинаміка та кінетика фазових перетворень”. – Кам’янське, Дніпровський державний технічний університет 2017. – 92 с.

Рекомендовані інформаційні джерела

1. <https://ocw.sumdu.edu.ua/stream/b8/5b/5f/13/f8/9e/dc/1b/84/54/c6/50/06/5d/69/75/index.html>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=uyYxyTKEIzg>
3. https://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2022/11/L07-FX_2022_1.pdf
4. <https://eduportal.kau.org.ua/course/view.php?id=23§ion=4&lang=en>
5. <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/6702/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf>
6. <https://studfile.net/preview/9741258/page:17>

Наукові публікації викладача

1. **Girzhon, V.V.**, Smolyakov, O.V., Gayvoronsky, I.V. The influence of different types of thermal effect on the structure of the Al-Cu-Fe system containing quasicrystal phase /Metallofizika i Noveishie Tekhnologii, 2018, 40(7), pp. 909–918
1. **Girzhon, V.V.**, Smolyakov, O.V. Modelling of lattices of two-dimensional quasi-crystals // Progress in Physics of Metals. - 2019. - 20(4), p.p.. 551-583.
2. Nykyruy, Y., Mudry, S., Kulyk, Y., **Girzhon, V.**, Smolyakov, O. Structure and phase transformations of amorphous-nanocrystalline Al-based alloy. Applied Nanoscience (Switzerland), 2020, 10(12), pp. 4385-4393.
3. **Girzhon V. V.**, Yemelianchenko V. V. and Smolyalov O.V. Structure of High-Entropy AlCoCrFeNi Alloy Obtained by Laser Alloying. Metallophysics and Advanced Technologies/ **43**, No. 3: 399–406 (2021).



4. **Girzhon, V.V., Yemelianchenko, V.V., Smolyakov, O.V., Razzokov, A.S.** Analysis of structure formation processes features in high-entropy alloys of Al-Co-Cr-Fe-Ni system during laser alloying. Results in Materials, 2022, 15, 100311.
5. **Girzhon V.V., Smolyakov O.V., Greshta V.L., Yemelianchenko V.V., and Razzokov A.Sh.** Laser Treatment of Titanium Alloys // Progress in Physics of Metals. - 2024. - 20(4), vol.25(4), p.p. 787–821.
6. **Shved O, Girzhon V., Smolyakov O., Shtablavyi I., Dorflinger Ph., Riedl H., Prokofiev A., Mudry S.** Structure and Properties of the Melt-Spun Zr–(Al)–Ni–Cr–Ag Alloys // Metals, 2026, 16, 931.

ОЦІНЮВАННЯ

Засоби оцінювання.

Поточний контроль: опитування/тестування за темою заняття.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог навчальної програми (силабусу) після опрацювання кожного з двох модулів. Оцінювання проводиться за результатами аудиторної самостійної роботи (в режимі он-лайн чи оф-лайн, в залежності від ситуації). Форма контрольного заходу обирається в залежності від загального рівня підготовки групи (ситуаційні завдання, теоретичне тлумачення певних понять, тестові завдання). Максимальна кількість балів за кожен модульну самостійну роботу – 50 (загалом 100 балів)..

Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. До екзамену допускаються студенти за умови отримання позитивної оцінки по кожній самостійній роботі (СР). Позитивною вважається оцінка, яка складає не менше 40 % від кількості балів, які максимально можна отримати за кожен модуль, тобто **не менше, ніж 20 балів** за кожну аудиторну самостійну роботу.

Критерії оцінювання. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система. Екзаменаційний білет містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюється у 20 балів. Всього $2 \times 20 = 40$ балів. Підсумкова екзаменаційна оцінка складається із суми 60% набраних в сумі балів за виконання поточних самостійних робіт (**максимум 60 балів**) + кількість балів, отриманих за відповіді на екзаменаційний білет (**максимум 40 балів**). Найбільша кількість балів, яку можна отримати – 100. При цьому набрана кількість балів відповідає наступним критеріям:

90-100 балів: здобувач має глибокі систематичні знання, здатен, обґрунтовувати свої відповіді;

85-89 бали: здобувач має досить повні знання, проте припускається незначних неточностей у викладенні матеріалу;



75-84 балів: здобувач має достатні знання, розуміє основні положення, проте відчуває труднощі при їх практичному застосуванні;

70-74 бали: здобувач має посередні знання, допускає помилки при їх застосуванні до типових ситуацій та завдань;

60-69 балів: здобувач має мінімум необхідних знань, здатен вирішувати найпростіші завдання

1-34 балів: здобувач не володіє необхідним мінімумом знань

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

ПОЛІТИКИ КУРСУ

Організація навчання та комунікація. Основні навчальні матеріали, завдання для самостійної роботи, критерії їх оцінювання та терміни виконання розміщуються в системі Moodle. Консультації проводяться відповідно до графіка консультацій викладача, а за необхідності — із застосуванням засобів дистанційного зв'язку.

Відвідування занять. Відвідування навчальних занять є важливою складовою опанування дисципліни. У разі пропуску заняття здобувач самостійно опрацьовує відповідний навчальний матеріал та за потреби може отримати консультацію викладача. Оцінювання здійснюється на підставі досягнення визначених результатів навчання та виконання передбачених програмою контрольних завдань.

Дедлайни та повторне виконання робіт. Терміни виконання навчальних завдань повідомляються здобувачам заздалегідь та зазначаються в Moodle. За наявності обґрунтованих обставин термін виконання може бути змінений за погодженням із викладачем. Роботи, за які отримано результат



нижчий від мінімально встановленого рівня, можуть бути доопрацьовані та повторно подані відповідно до встановленого порядку.

Академічна доброчесність. Здобувачі зобов'язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність», Кодексу академічної доброчесності та інших нормативних документів НУ «Запорізька політехніка». Не допускаються академічний плагіат, фабрикація або фальсифікація даних, списування, виконання оцінюваної роботи іншою особою, недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом, та інші порушення академічної доброчесності.

Використання генеративного штучного інтелекту. Використання технологій генеративного штучного інтелекту здійснюється відповідно до Декларації про принципи використання генеративного штучного інтелекту в НУ «Запорізька політехніка». Допустимий рівень використання ШІ визначається умовами конкретного навчального завдання. У разі його використання здобувач повинен дотримуватися встановлених вимог щодо зазначення такого використання та самостійно перевіряти достовірність використаної інформації.

Оскарження результатів оцінювання. Здобувач має право отримати від викладача пояснення щодо результатів оцінювання та оскаржити результати контрольного заходу відповідно до нормативних документів НУ «Запорізька політехніка».

Академічна взаємодія. Учасники освітнього процесу дотримуються принципів взаємної поваги, академічної етики, недискримінації та толерантності. Цифрові пристрої можуть використовуватися під час занять у навчальних цілях за умови, що це не перешкоджає освітньому процесу.

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДЛЯ РОБОТИ НА КУРСІ

Щоб мати доступ до навчально-методичних розробок курсу необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle