



ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ПЛАВЛЕННЯ І КРИСТАЛІЗАЦІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	136 Металургія
Освітня програма	Металургія
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, 3 семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЕСКТС, 150 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Верховлюк Анатолій Михайлович, anatoliiverkhovliuk@gmail.com , +38(095)-533-40-31 Практичні: д.т.н., проф. Верховлюк Анатолій Михайлович, anatoliiverkhovliuk@gmail.com , +38(095)-533-40-31
Розміщення курсу	https://foundry.kpi.ua/courses/fizyka-ridkogo-stanu/

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

Силабус навчальної дисципліни «Фізико-хімічні основи плавлення і кристалізації» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Металургія» за спеціальністю 136 – Металургія, галузі знань - 13 Механічна інженерія.

Фізико-хімічні основи плавлення і кристалізації є класичними основоположними розділами фізики, хімії, теорії металургійних процесів та фізичної хімії, в тому числі і фізико-хімії процесів що відбуваються в металургії. На базі отриманих знань здобувачі ВО зможуть самостійно проводити теоретичний аналіз будь-яких металургійних процесів, набуде здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі металургії, що передбачає переосмислення наявних і створення нових знань та/або професійної практики. Зможе плідно проводити науково-дослідну роботу у галузі металургія, що пов'язана з фізико-хімічними процесами та явищами, формуванням заданої структури та властивостей металургійної продукції.

Наукові інтереси: Дослідження фізико-хімічних процесів в твердій фазі і розплавах, вивчення взаємодії надтвердих речовин з газами і рідким середовищем при формуванні в широкому діапазоні температур і тисків монокристалічних, полікристалічних, дисперсних, плівкових надтвердих матеріалів і композитів на їх основі. Вивчення структури і властивостей синтезованих матеріалів. Фізичні дослідження кристалів сучасними методами.

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у аспірантів глибинних знань зі спеціальності.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після її засвоєння мають підсилюють програмні результати навчання: синтезувати знання, обґрунтувати їх для фахової та

нефахової аудиторії та передових концептуальних та методологічних знань з металургії та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

Аспіранти набувають досвіду з прогнозування процесів, що відбуваються в металургійних системах, при різних технологічних впливах на них і визначення основних етапів та режимів технологічних процесів оброблення розплавів для одержання якісної металургійної продукції.

Вивчення дисципліни забезпечує посилення програмних результатів: РН01, РН03, РН05.

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

Дисципліна «Фізико-хімічні основи плавлення і кристалізації» відноситься до циклу вибіркових навчальних дисципліни для здобуття глибинних знань зі спеціальності і базується на знаннях, уміннях та визначених навичках, одержаних аспірантами під час вивчення дисциплін: «Термодинаміка і кінетика металургійних процесів», «Структура та властивості матеріалів».

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Фізико-хімічні основи плавлення і кристалізації» аспірант повинен знати: атомно-кристалічну будову металів, фізичну суть явищ, що відбуваються в матеріалах в умовах виробництва і експлуатації; їх взаємозв'язок з властивостями; основні властивості сучасних металевих і неметалевих матеріалів; класифікацію матеріалів за функціональними властивостями, основи вибору функціональних матеріалів та методи їх синтезу. вміти: здійснювати обґрунтований вибір матеріалів для конкретної галузі виробництва; в результаті аналізу умов експлуатації і виробництва вірно вибирати матеріал, призначати його оброблення з метою отримання заданої структури і властивостей, що забезпечують високу надійність і довговічність деталей машин.

Пререквізити: знати основні поняття фізико-хімічних процесів плавлення мати знання про властивості матеріалів, що використовується у науці, фізиці, техніці; володіти методами зміни властивостей матеріалів використовуючи різні технології їх оброблення; вміти використовувати сучасні інформаційні джерела для оцінки стану вивченості об'єкту досліджень і актуальності наукової проблеми.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання з основ створення основних з певними властивостями на основі законів фізики та технічних дисциплін передбачати отримання матеріалів з наперед заданими властивостями.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Теорія рідкого стану металів

Тема 1.1. Енергетичні характеристики різних станів металевих матеріалів.

Тема 1.2. Основи статистичної теорії рідини.

Тема 1.3. Функція радіального розподілу частинок в рідині та її вигляд для різних металів.

Тема 1.4. Модельні теорії будови рідких металів та межі їх використання.

Розділ 2. Особливості кристалізації металів.

Тема 2.1. Термодинамічні основи кристалізації металів. Критичний розмір зародка кристалізації та його роль в процесі кристалізації.

Тема 2.2. Механізм дії модифікаторів 1-го та 2-го роду.

Тема 2.3. Аморфні метали. Вплив переохолодження

Розділ 3. Види дефектів кристалічної будови та особливості точкових дефектів.

Тема 3.1. Класифікація видів дефектів кристалічної будови. Види точкових дефектів та створені ними напруження. Рівновагова концентрація точкових дефектів.

Тема 3.2. Будова та взаємодія дефектів кристалічної будови металів, вплив дефектів на механічні властивості.

Тема 3.3. Дислокації, їх характеристики та роль в металах.

Тема 3.4. Теоретична та реальна міцність кристалів. Крайова дислокація, її геометрична та атомна моделі.

Тема 3.5. Утворення дислокацій при кристалізації та охолодженні в закристалізованому стані.

Тема 3.6. Вплив щільності дислокацій на механічні властивості. Тема

3.7. Механізми крихкого та в'язкого руйнування металів.

Розділ 4. Границі зерен в кристалах та опір ковзанню дислокацій Тема

4.1. Поняття границь зерен в кристалах; границі нахилу та кручення.

Тема 4.2. Малокутові та висококутові границі зерен і їх будова. Тема

4.3. Роль границь зерен при пластичній деформації.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва (за редакцією академіка НАН України В.Л. Найдека).- К: Видавничий дім «Вініченко», 2016, 224 с. ISBN: 978-966-2622-23-2.

2. Чумак В.Л., Іванов С.В. Фізична хімія. Київ.: Книжкове видавництво, 2007. – 646 с.

3. Рубцов В.І. Фізична хімія. Задачі та вправи. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016 - 416 с.

4. Лебідь В.І. Фізична хімія / Підручник. Харків: Фоліо, 2005. 478 с.

Допоміжна література:

1. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. – М.: Высшая школа. – 1980 – 328 с

2. Кавнеристый Ю. К. Объемно-аморфизирующие металлические сплавы.- М.: Наука, 1999.- 80 с. Лепинских Б. М., Телицин И. И. Физико-химические закономерности модифицирования железоуглеродистых расплавов.- М.: Наука, 1986.- 96 с.

3. Лепинских Б. М., Востряков А. А. Растворение твердых фаз в металлургических расплавах.- М.: Наука, 1978.- 148 с.

Інформаційні ресурси

Література є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та Методичному кабінеті кафедри ЛВ.

Додатково можна опрацьовувати літературу з інтернет джерел.

Аспіранти можуть самостійно шукати матеріали за окремими питаннями курсу, що забезпечує розвиток здатності до пошукової та дослідницької діяльності, критичного аналізу інформації.

Навчальний контент 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Освоєння дисципліни «Фізика рідкого стану» будується на різнобічному підході: теоретичному і практичному.

Викладання дисципліни побудовано таким чином, що наступний матеріал може бути засвоєний тільки після пророблення попереднього, у цих умовах успіх вивчення дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи аспіранта з матеріалом лекцій і рекомендованою літературою.

Систематичному поглибленню та накопиченню нових знань та умінь сприяє і самостійна підготовка до практичних занять.

Для більш ефективної комунікації викладача та аспірантів використовується електронна пошта, месенджер Viber, Telegram, папка зі спільним доступом на Google-диску, в якій розміщуються необхідні матеріали.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота здійснюється протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки.

Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.

Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт.

Політика та контроль 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекційних занять є вільним, відвідування всіх видів занять фіксується, але не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, який необхідний для поглиблення їх знань та виконання практичних занять.
- За відвідування практичних занять аспіранти не отримують бали: рейтинг аспіранта формує активна участь на практичних заняттях й підготовленість до них, а також виконання завдань протягом заняття.
- Пропуск практичного заняття не дає можливості отримати аспіранту бали у семестровий рейтинг, проте кожен аспірант має право відпрацювати пропущені лише з поважної причини (лікарняний, офіційний дозвіл деканату) заняття за рахунок самостійної роботи під час консультацій, передбачених навчальним навантаженням викладача.
- Допуск до практичних робіт здійснюється коротким опитуванням за матеріалом роботи.
- Захист практичних робіт проводиться на наступному занятті.
- Політика дедлайнів та перескладань: захист практичних робіт – в процесі виконання наступної роботи, або на консультаціях; МКР переписують на консультаціях; залік, як форма підсумкового контролю відбувається на останньому практичному занятті, перескладання відповідно до графіку перескладань у додаткову сесію;
- політика щодо академічної доброчесності згідно:
 - Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>)
 - Положення про систему запобігання академічному плагиату (https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologen_pro_plagiat.pdf)
- інші вимоги: Правила внутрішнього розпорядку в студентських гуртожитках НТУУ "КПІ" (<https://kpi.ua/admin-rule-hostel>) та нормативні документи Університету (<https://kpi.ua/webdocument>): виконання вимог техніки безпеки під час виконання лабораторних робіт; дотримання правил внутрішнього розпорядку.

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

Рейтинг успішності здобувачів складається із двох частин семестрового рейтингу, R_C .

Поточний контроль здобувачів відбувається на 6 та 12 тижні навчання.

На перший поточний контроль за виконання всіх вимог – не менше 30 балів

На другий поточний контроль за виконання всіх вимог – не менше 60 балів

Семестровий рейтинг успішності студента, R_C , формується як сума балів, нарахована студенту за роботу протягом семестру: за написання модульної контрольної роботи, за виконання 8-ти практичних робіт.

Отже семестровий рейтинг з дисципліни R_C , розраховують за формулою:

$$R_C = MKP + \sum_{i=1}^8 PP,$$

де MKP – бали за виконання модульної контрольної роботи;

PP – сума балів за виконання практичних робіт;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається із 2-х питань теоретичного характеру. Кожне питання оцінюється 5-ма балами.

Критерії оцінювання:

- бездоганна відповідь з поясненнями – 5 балів;
- незначні неточності у відповіді, відсутність пояснень тощо – 4,0 бали; - загальна схема відповіді наведена, але відсутні будь-які пояснення – 3,0 балів; - відповідь відсутня або цілком помилкова – 0 балів.

Отже максимальна оцінка MKP складає 10,0 бали.

Максимальний бал за MKP складає 20 бали.

Практичні роботи. Аспірант самостійно (в рамках СРС) готується до виконання 8 практичних робіт. Оцінка складається з оцінювання здобувача до виконання практичної роботи в рамках аудиторних годин:

- бездоганно написаний зміст практичної роботи із усіма необхідними рисунками, таблицями, формулами для розрахунків та задовільна підготовка до її виконання – 10 балів;
- незначні невідповідності (відсутній рисунок, таблиця тощо) або неточності у відповідях – 8 балів;
- задовільний протокол але аспірант готовий до виконання практичної роботи, володіє лекційним матеріалом але не зміг виконати відповідні розрахунки – 5 балів;
- задовільний протокол але аспірант не готовий до виконання практичної роботи, не володіє лекційним матеріалом і не зміг виконати відповідні розрахунки – 0 балів;

Заохочувальні бали. З метою покращання семестрового рейтингу аспіранту дозволяється написати реферат обсягом 20-25 стор. за розділом з якого має низькі оцінки. Оцінювання реферату 10% від загального рейтингу, тобто 10 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу: Сума вагових балів контрольних заходів для студента, який зразково виконав їх (MKP та PP) і який не має пропусків занять без поважних причин максимально складає:

$$R_C = 2 \cdot 10,0 + 8 \cdot 10,0 = 100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала, R_C , з дисципліни складає 100 балів.

Необхідною умовою одержання оцінки є виконання та зарахування модульної контрольної і оформлених розрахунків з практичних робіт. Залежно від фактично набраного рейтингу оцінку студенту встановлюють (ECTS та традиційну) відповідно до таблиці.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

1. Енергетичні характеристики різних станів металевих матеріалів. Моделі рідкого стану.
2. Основи статистичної теорії рідини. Активність. Коефіцієнт активності.
3. Функція радіального розподілу частинок в рідині та її вигляд для різних металів. Закон розподілу Фермі-Дірака.
4. Модельні теорії будови рідких металів та межі їх використання.
5. Термодинамічні основи кристалізації металів. Критичний розмір зародка кристалізації та його роль в процесі кристалізації.
6. Сучасні уявлення про структурування у графітізованих чавунах.
7. Механізм дії модифікаторів 1-го та 2-го роду.
8. Аморфні метали. Особливості переходу аморфних сплавів в нанокристалічний та змішаний стани і вплив легування на ці процеси.
9. Термічна стабільність і особливості кристалізації аморфних сплавів.
10. Отримання аморфно-нанокристалічних матеріалів шляхом термічної обробки аморфних сплавів.
11. Фізико-механічні властивості аморфних сплавів
12. Класифікація видів дефектів кристалічної будови. Види точкових дефектів та створені ними напруження. Рівновагова концентрація точкових дефектів.
13. Будова та взаємодія дефектів кристалічної будови металів, вплив дефектів на механічні властивості.
14. Дислокації, їх характеристики та роль в металах.
15. Теоретична та реальна міцність кристалів. Крайова дислокація, її геометрична та атомна моделі.

16. Утворення дислокацій при кристалізації та охолодженні в закристалізованому стані.
17. Вплив щільності дислокацій на механічні властивості.
18. Механізми крихкого та в'язкого руйнування металів.
19. Поняття границь зерен в кристалах. Метод визначення величини зерна та зеренного параметру.
20. Малокутові та висококутові границі зерен і їх будова.
21. Пластична деформація. Роль границь зерен при пластичній деформації.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., професор Верховлюк Анатолій Михайлович
посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ

Ухвалено кафедрою ЛВ (протокол № 12 від 26.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)