



СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво і будівництво</i>
Спеціальність	<i>G 10 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: лекцій – 18 год; лабораторних занять – 18 год; самостійна робота студента – 84 год</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	Лектор: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 Практичні: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/c/MTQ5OTI1MTE3NTg5</i>

Програма навчальної дисципліни

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

У техніці народжуються і швидко розвиваються нові області, які цілком базуються на використанні своєрідних властивостей кристалів. Це призвело до появи промисловості вирощування кристалів, яка є по суті промисловістю створення матеріалів із заданими властивостями. Створювати нові матеріали або вдосконалювати вже існуючі означає сприяти розвитку науково-технічного прогресу!

В дисципліні вивчатимуться особливості структури кристичних тіл та її взаємозв'язок із зовнішньою формою кристалів, вплив на неї явищ і процесів, які властиві кристалам, і металевим кристалам зокрема, завдяки яким їх застосування у техніці розширюється з кожним роком.

Засвоєні знання дозволять розуміти як структурні фактори і хімічний зв'язок впливають на

Структура та властивості металів

формвання властивостей металів.

120 годин обсягу дисципліни “Структура та властивості металів” включають 18 годин лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 84 годин СРС.

Метою дисципліни є підсилення у студентів фахових компетентностей спеціальності таких як:

- Здатність здійснювати аналітичний опис ідеальних кристалічних структур.
- Здатність визначати вплив дізних дефектів на реальну кристалічну будову металів та їх властивості.

Предмет дисципліни “Структура та властивості металів” є основні закономірності внутрішньої будови ідеальних кристалічних тіл та вплив дефекти кристалічної структури на структурно-чутливі властивості металів.

Програмні результати навчання:

- Знання основних закономірностей внутрішньої будови кристалічних тіл та основ кристалохімії.
- Знання основних видів дефектів і їх вплив на кристалічну будову металів.
- Уміти застосовувати аналітичні методи опису кристалічної структури ідеальних кристалів.
- Розуміння впливу кристалохімічних явищ та дефектів на кристалічну будову металів.

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

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни “ Структура та властивості металів ”:

- Фізика
- Хімія

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Структура та властивості металів» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін як:

- Теорія металургійних процесів
- Теоретичні основи ливарного виробництва
- Нові матеріали

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Симетрія та структура ідеальних кристалів.

Тема 1.1. Взаємозв'язок зовнішньої і внутрішньої будови кристалічних тіл.

Тема 1.2. Метод кристалографічного індексування

Тема. 1.3. Симетрія – основна властивість кристалічних тіл

Тема. 1.4. Основні закони кристалографії

Розділ 2. Основи кристалохімії.

Тема 2.1. Основні поняття кристалохімії.

Тема 2.2. Граничні типи хімічного зв'язку.

Тема 2.3. Основні категорії кристалохімії.

Структура та властивості металів

Розділ 2. Вплив дефектів на властивості металів.

Тема 3.1. Класифікація дефектів.

Тема 3.2. Вплив дефектів на структурно-чутливі властивості металів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 132 Матеріалознавство / Л. О. Бірюкович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.832 Кбайт). – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 234 с. – Режим доступу : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25313>.
2. Структура і властивості металів [Електронний курс]: конспект лекцій для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» (освітня програма "Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання") / серія "Педагогічне надбання : Л. Н. Ларіков." ; укладачі: Сидоренко С. І., Волошко С. М. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,98 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 329 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37764>.
3. Куровець М. І. Кристалографія і мінералогія [Текст] / М. І. Куровець. – Львів : Світ, 1996. – 236 с.
4. Кристалохімія тугоплавких сполук [Електронний ресурс] : лаб. практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освіт. програмою "Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів" спец. 132 "Матеріалознавство" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. О. Бірюкович, Т. О. Соловйова. – 2-ге видання, перероб. і доп. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 92 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/19318b35-3a8a-4f42-a790-e9c52b599d1b/content>.
5. Програмне забезпечення для виконання практичних робіт за дистанційної та змішаної форми навчання CrysX-3d-Viewer: <https://www.bragitoff.com/crysx-3d-viewer>.

Додаткові:

6. Современная кристаллография [Текст] : в 4-х томах / под. ред. Б. К. Вайнштейна. – Москва : Наука, 1979-1981 г.г.

Електронні ресурси:

1. Materials Explorer [Electronic resource] // The Materials Project is powered by open-source software of Berkeley Lab. – Mode of access : <https://materialsproject.org/materials>.

Зазначені базові навчальні матеріали і ресурси є у вільному доступі у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського і мережі Інтернет. Додаткові навчальні матеріали надаються для ознайомлення і глибшого розуміння предмету вивчення дисципліни.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Розділ 1. Симетрія та структура ідеальних кристалів.

Структура та властивості металів

Тема 1.1. Взаємозв'язок зовнішньої і внутрішньої будови кристалічних тіл.

Заняття 1. Кристали та кристалічні речовини.

Найважливіші макроскопічні властивості кристалів. Закономірності розміщення частинок у твердих тілах. Комірки Браве.

Тема 1.2. Метод кристалографічного індексування

Заняття 2. Метод кристалографічного індексування.

Кристалографічні системи координат. Символи вузлів. Базис елементарної комірки. Символи рядів. Символи площин.

Тема 1.3. Симетрія – основна властивість кристалічних тіл

Заняття 3. Елементи симетрії кристалічних структур.

Центр симетрії. Площини симетрії: дзеркального та ковзкого відображення. Осі симетрії: поворотні, інверсійні та гвинтові. Міжнародні символи просторових груп симетрії. Правильні системи точок.

Тема 1.4. Основні закони кристалографії

Заняття 4. Закон цілих чисел (закон Гаюї). Закон Браве. Закон сталості кутів.

Розділ 2. Основи кристалохімії.

Тема 2.1. Основні поняття кристалохімії.

Заняття 5. Поняття ефективного радіусу. Координаційні числа та координаційні многогранники. Число структурних одиниць. Число формульних одиниць. Структурний тип.

Тема 2.2. Граничні типи хімічного зв'язку.

Заняття 6. Металевий зв'язок. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Ван-дер-ваальсовий. Побудова структур за допомогою координаційних поліедрів. Щільність упаковки частинок в структурах. Типи порожнин, їх співвідношення.

Тема 2.3. Основні категорії кристалохімії.

Заняття 7. Морфотропія. Поліморфізм. Фазові переходи першого та другого роду. Політипія. Ізоморфізм.

Розділ 3. Вплив дефектів на властивості металів.

Тема 3.1. Класифікація дефектів.

Заняття 8. Класифікація дефектів. Класифікація властивостей металів за ступенем їх структурної чутливості. Класифікація дефектів металів. Нульвимірні дефекти. Одновимірні дефекти. Двовимірні дефекти. Тривимірні дефекти.

Тема 3.2. Вплив дефектів на структурно-чутливі властивості металів.

Заняття 9. Електронна провідність та дефектність металів. Оптичні властивості. F-центри. Механічні властивості. Механізми зміцнення: деформаційне зміцнення металів; вплив легування на структуру і властивості; вплив поліморфного перетворення на структуру і властивості; зміна

Структура та властивості металів

структури і властивостей внаслідок упорядкування твердих розчинів.

Лабораторні заняття

Для проведення лабораторних занять у режимі очного навчання використовуються наочні моделі кристалічних ґраток базових структурних типів, таких як α -Fe, γ -Fe, Zn(Mg), алмаз, графіт, ZnS-сфалерит, ZnS- вюрцит, Cu_2O , CaF_2 , NaCl, CsCl, CaTiO_2 , MgAl_2O_4 . Під час проведення лабораторних занять у дистанційному режимі для візуалізації кристалічних структур програмне забезпечення CrysX-3d-Viewer або моделі сайту The Materials Project.

Заняття 1. Вступ. Організація очного/дистанційного навчання. Проведення лекційних і лабораторних занять. Вимоги до протоколу лабораторних робіт. Рейтингова система оцінювання.

Заняття 2. Лабораторна робота №1. Опис елементарної комірки кристалічної структури.

Заняття 3. Лабораторна робота №2. Елементи симетрії кристалічних структур.

Заняття 4. Лабораторна робота №2. Елементи симетрії кристалічних структур.

Заняття 5. Модульна контрольна робота.

Заняття 6. Лабораторна робота №3. Просторові групи симетрії кристалічних структур.

Заняття 7. Лабораторна робота №4. Базис кристалічної структури.

Заняття 8. Лабораторна робота №5. Визначення ретикулярної щільності кристалічних структур.

Заняття 9. Залік

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (84 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 49 год, з яких 14 год відводиться на самостійну підготовку тем «Теорема сполучення елементів симетрії кристалічних структур», «Класифікація структур»;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу – 25 год;
- підготовки до модульної контрольної роботи – 4 год;
- підготовки до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять.

Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опановувати теоретичні знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції, отримати приклади практичного застосування теоретичних знань на моделях кристалічних многогранників і структур.

Відвідування лабораторних занять є обов'язковим.

Правила поведінки на заняттях.

На усіх заняттях, лекційних і лабораторних, вітається відключення звукових сигналів

Структура та властивості металів

телефонів. Під час проведення очних лабораторних занять в спеціалізованій аудиторії №209-9 корпусу студенти допомагають викладачу зняти необхідні для проведення заняття наочні моделі кристалічних структур із полиць. На лабораторних заняттях не забороняється користування конспектами лекцій, підручниками, електронними гаджетами для пошуку інформації, що відповідає темі лабораторного заняття.

Умовою допуску до виконання лабораторної роботи є наявність у студента написаного протоколу.

За очного навчання перевірка правильності виконання завдань і підсумок кількості виконаних моделей проводиться викладачем безпосередньо на занятті.

За дистанційної форми навчання перевірка правильності виконання завдання здійснюється під час заняття дистанційно із використанням Telegram чату. Для підведення підсумку оформлену за усіма вимогами лабораторну роботу студенти завантажують до GoogleClassRoom "Структура та властивості метеріалів". Перевірка здійснюється упродовж тижня після заняття за відповідною темою.

Перескладання модульної контрольної роботи проводиться за взаємною домовленістю студентів і викладача.

Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті НН ІМЗ ім. Є. О. Патона.

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

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

Види контролю:

- Поточний контроль: лабораторні роботи, модульна контрольна робота (МКР), самостійне опрацювання лекційних тем.
- Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- Семестровий контроль: залік.

Кожний вид робіт оцінюється за 100-бальною шкалою. Семестрова оцінка формується як середня із суми оцінок за усі види робіт, що виконуються упродовж семестру:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-5} O_{\text{ЛР}} + O_{\text{МКР}} + \sum_{1,2} O_{\text{СПС}}}{8}.$$

Критерії нарахування балів.

Лабораторні роботи.

До кожної лабораторної роботи студент повинен підготувати протокол, який складається із:

- номера;

Структура та властивості металів

- назви;
- мети;
- теоретичних відомостей, до яких включають основні визначання та умовні позначення;
- порядок виконання.

За наявності протоколу кожна лабораторна робота оцінюється за кількістю самостійно виконаних завдань на занятті. Позитивна оцінка складає 60–100 балів.

Кількість завдань визначається в залежності від складності теми лабораторної роботи та кількості годин, що відводяться на виконання роботи і оголошується викладачем на початку заняття.

Штрафні бали призначаються за:

- відсутність протоколу – 10 балів;
- протокол, що не відповідає вимогам – 5 балів;
- несамостійна робота на практичному занятті – 5 балів.

Модульна контрольна робота.

На проведення і перевірку роботи відводиться 2 академічні години. Студенти за очної форми навчання отримують 1 модель кристалічної структури, для якої здійснюють аналітичний опис та визначають наявні елементи симетрії.

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до індивідуального завдання у GoogleClassRoom.

Кожний невірно визначений сингонія, тип комірки Браве, ч.с.о., ч.ф.о. та елемент симетрії та/або їх кількість оцінюється у 2 штрафних бали.

Позитивна оцінка за МКР складає 60–100 балів.

Самостійна підготовка теоретичних тем

Для глибшого розуміння утворення тих чи інших комбінацій елементів симетрії в кристалічних многогранниках і кристалічних структурах студентам пропонується самостійно опрацювати і законспектувати теми «Теореми про сполучення елементів симетрії кристалічних структур», «Класифікація структур».

Позитивна оцінка за кожну тему складає 60–100 балів.

Штрафні бали за тему «Теореми про сполучення елементів симетрії кристалічних структур» нараховуються за такими критеріями:

- за кожну відсутню теорему – 20 балів;
- за відсутність пояснювальних рисунків до доказів теорем – 10 балів.

Штрафні бали за тему «Класифікація структур» нараховуються за такими критеріями:

- за кожний відсутній тип – 20 балів;
- за відсутність прикладів типів структур – 10 балів.

Календарний контроль.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7 та 13 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 50 балів за

Структура та властивості металів

лабораторні роботи №1-2. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 50 балів за лабораторні роботи №3-4 та 50 балів за МКР.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт на 60–100 балів, написання модульної контрольної роботи на 60–100 балів, та самостійне опрацювання лекційних тем на 60–100 балів.

Студенти, середня оцінка яких за завдання, що виконувались упродовж семестру склала не менше 60 балів мають можливість отримати оцінку, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку студент отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською 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

Залікова контрольна робота проводиться письмово. На проведення залікової контрольної роботи виділяється 2 академічні години часу.

Залікова контрольна робота представляє собою 100 тестових питань [1].

Позитивна оцінка за ЗКР складає 60–100 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути Perezархований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість Perezархування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".
- Студенти можуть отримати 10 балів за сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.

Структура та властивості металів

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доценткою, к. т. н., доценткою, Бірюкович Ліною Олегівною

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол №3 від 8 жовтня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 2 від 16 жовтня 2025 р.)