



КРИСТАЛОХІМІЯ ТУГОПЛАВКИХ СПЛУК

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити/120 годин: 36 год лекції, 36 год лабораторні заняття, 48 год самостійна робота студента
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР, ДКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 Лабораторні: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 К.т.н., доцентка, Соловйова Тетяна Олександрівна, tsolov_1@ukr.net
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/1/c/MTg3MDA4NTc1NzQ0

Програма навчальної дисципліни

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

Матеріали! Ось, що дозволяє втілювати науково-технічний прогрес у життя! Сучасна техніка потребує матеріалів, які б мали складний комплекс фізичних, хімічних, експлуатаційних та технологічних характеристик. Серед них тугоплавкі та композиційні матеріали, основою яких є тугоплавкі сполуки, мають надважливе значення.

Тугоплавкі сполуки – дуже широкий клас сполук, властивості яких визначаються особливостями електронної будови елементів, що їх утворюють, типом хімічного зв'язку, що виникає між ними, і, як наслідок, будовою кристалічної структури. Тому уміти управляти процесами формування властивостей цікаво і важливо, як в удосконаленні існуючих, так і у створенні нових матеріалів на основі тугоплавких сполук.

Вивчатиметься кристалічна будова тугоплавких сполук, яка визначає природу фізико-механічних властивостей тугоплавких сполук і композиційних матеріалів на їх основі.

120 годин обсягу дисципліни “Кристалохімія тугоплавких сполук” включають 36 годин лекційних занять, 36 годин лабораторних занять і 48 годин СРС.

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

- здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства;

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

- здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем.

Предмет дисципліни “Кристалохімія тугоплавких сполук” – взаємозв’язок між кристалічною структурою, хімічним зв’язком та фізико-хімічних властивостями тугоплавких сполук, у зв’язку із широким застосуванням їх в композиційних матеріалах та покриттях.

Програмні результати навчання:

- Уміти застосовувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі
- Знати інженерні дисципліни, що лежать в основі спеціальності, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, в тому числі мати певну обізнаність в їх останніх досягненнях
- Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.
- Знаходити потрібну інформацію у літературі, консультуватися і використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації.

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

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни “Кристалохімія тугоплавких сполук”:

- Фізика
- Хімія
- Фізична хімія
- Кристалографія, кристалохімія та мінералогія.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Кристалохімія тугоплавких сполук» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін:

- Фізика конденсованого стану матеріалів
- Матеріалознавство тугоплавких матеріалів
- Механічні властивості матеріалів
- Основи теорії процесів консолідації порошкових та наноструктурованих матеріалів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання

Розділ 1. Електронна будова та загальні відомості про тугоплавкі сполуки

Розділ 2. Теорія дефектів кристалічної структури.

Розділ 3. Кристалохімічні особливості тугоплавких сполук.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук [Текст]: навч. посіб. / Л. О. Бірюкович. – Київ : Центр навчальної літератури, 2017. – 112 с.
2. Бірюкович, Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Л. О. Бірюкович ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 10,97 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 112 с. – Режим доступу : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16378>.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

3. 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>.
4. Бірюкович Л. О. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 132 Матеріалознавство / Л. О. Бірюкович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.35 Кбайт) – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 234 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25313/3/Biriukovich_KKM.pdf.
5. Програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт CrysX-3d-Viewer: https://www.bragitoff.com/crysx-3d-viewer/?__cf_chl_jschl_tk406c2defaaca8ff4d7dadbd237797b74b36922d36-1599315383-0-AXdX7UMuhxuhywbIC0xiioTrIZM7TiVTp6RunUpp1qByGIZh0Fb3U3SFSyrlC3gm9EzZUIBc-WMsWwomEI_FNdUqSqKtCeET1zUj4fZgAZ23vUQcuAPbn8IT4TVNHawWHfFA6kw7JelLMv97aYePKCk_p8fqcp32CeU8QXBGYP4z84vUx9K3jVttbGQvcOSEaXwXRafTqWCLM9-fRrikGkGcogIWTP1jGCZ9yYNkpeKBRQHR_wHR29mDfetgdi3Vf8cljBIG02XBpHyvYH6aCMkrh2vNoi4nj7KuYQpc3shm.

Додаткові:

1. Crystal Chemistry of refractory compounds [Electronic resource]: a textbook for students specialty 132 "Materials Science", specialization "Nanotechnologies and Computer-aided Materials Design" / L. O. Biriukovych, Yu. I. Bogomol; translator N. S. Nikitina; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic text data (1 file: 2.92 MB). – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. – 140 p. – Mode access : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45596>.
2. Самсонов Г. В. Конфигурационная модель вещества [Текст] / Г. В. Самсонов, И. Ф. Прядко, Л. Ф. Прядко. – Киев : Наукова думка, 1971. – 228 с.
3. Самсонов Г. В. Физическое материаловедение карбидов [Текст] / Г. В. Самсонов, Т. Ш. Упадхая, В. С. Нешпор. – Киев : Наукова думка, 1974. – 440 с.
4. Самсонов Г. В. Нитриды [Текст] / Г. В. Самсонов. – Киев : Наукова думка, 1969. – 377 с.
5. Самсонов Г. В. Бориды [Текст] / Г. В. Самсонов, Т. И. Серебрякова, В. А. Неронов. – Москва : Атомиздат, 1975. – 376 с.
6. Самсонов Г. В. Силициды [Текст] / Г. В. Самсонов, Л. А. Дворина, Б. М. Рудь. – Москва : Металлургия, 1979. – 272 с.
7. Косолапова Т. Я. Неметаллические тугоплавкие соединения [Текст] / Т. Я. Косолапова, Т. В. Андреева, Т. С. Бартницкая. – Москва : Металлургия, 1985. – 224 с.
8. Гольдшмидт Х. Дж. Сплавы внедрения [Текст] : в двух томах / Х. Дж. Гольдшмидт. – Москва : Мир, 1971.
9. Самсонов Г. В. Неметаллические нитриды [Текст] / Г. В. Самсонов. – Москва : Металлургия, 1969. – 264 с.

Електронні ресурси:

10. 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. Монографії зазначені у списку додаткових навчальних матеріалів знаходяться у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського і надаються для

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

5.1. Лекційні заняття

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання

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

Розділ 1. Електронна будова та загальні відомості про тугоплавкі сполуки

Заняття 2. Тугоплавкі сполуки. Класифікація. Фази проникнення. Розмірний фактор. Області гомогенності, їх позначення на діаграмах стану, кристалохімічні особливості.

Література [1] с. 8-9, 18-25, [12].

Заняття 3. Електронна будова тугоплавких сполук. Моделі конденсованого стану речовини. Зв'язок електронної будови та фізико-хімічних властивостей.

Література. [1] с. 9-18, [6] с. 11-26, [7] с. 407-412.

СРС: Електронна будова та поліморфізм.

Розділ 2. Теорія дефектів кристалічної структури.

Заняття 4. Точкові дефекти.

Структурно-чутливі і структурно-нечутливі властивості. Класифікація дефектів кристалічної будови. Види точкових дефектів: вакансії, міжвузольні атоми, домішкові атоми. Комплекси точкових дефектів. Спотворення кристалічної ґратки навколо точкових дефектів. Енергія утворення точкових дефектів. Рівноважна концентрація точкових дефектів. Комплекси точкових дефектів, їх конфігурація і енергія зв'язку. Рухливість точкових дефектів і їх простих комплексів.

Заняття 5. Лінійні дефекти: дислокації, дисклінації

Основні типи дислокацій та їх рух. Крайова дислокація. Ковзання і переповзання крайових дислокацій. Гвинтові дислокації. Ковзання гвинтової дислокації. Змішані дислокації. Призматичні дислокації. Вектор і контур Бюргерса. Основні особливості вектора Бюргерса дислокацій. Щільність дислокацій. Повні та часткові дислокації. Розтягнуті дислокації. Енергетичний критерій дислокаційних реакцій (критерій Франка). Щільні упаковки та дефекти упаковки. Часткові дислокації на межі дефекта упаковки. Дислокації Шоклі та дислокації Франка. Стандартний тетраедр Томпсона і дислокаційні реакції в ГЦК ґратці. Вершинні дислокації і дислокації Ломер – Коттрелла. Утворення дислокацій. Розмноження дислокацій під час пластичної деформації. Дисклінації. Дисклінації в безперервному пружному середовищі. Дисклінації в кристалічній ґратці. Диспірації.

Заняття 6. Двовимірні дефекти: границі зерен і субзерен. Границі зерен. Геометрія границь зерен. Границі нахилу, крутіння. Кристалографія границь зерен за кутом розорієнтації. Види границь зерен. Малокутові границі зерен, їх структура. Границі субзерен. Міжфазні границі. Полігогізація. Висококутові границі зерен. Спеціальні та довільні границі зерен. Двійникові границі. Енергія границь зерен. Моделі структури спеціальних висококутових меж зерен. ґратка співпадаючих вузлів (РСУ), повна ґратка накладення (ПРН), модель структурних елементів. Дефекти структури меж зерен. Зернограничні дислокації та вакансії. Тривимірні недосконалості кристалічної ґратки. Пори, тріщини, виділення.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

Заняття 7. Модульна контрольна робота.

Розділ 2. Кристалохімічні особливості тугоплавких сполук

Заняття 8. Карбіди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-C. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Дефекти кристалічної структури карбідів. Зв'язок будови та властивостей.

Література. [1] с. 27-42.

Заняття 9. Продовження. Карбіди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-C. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Дефекти кристалічної структури карбідів. Зв'язок будови та властивостей.

Література. [1] с. 27-42.

Заняття 10. Нітриди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-N. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Дефекти кристалічної структури нітрідів. Зв'язок будови та властивостей.

Література. [1] с. 44-57.

Заняття 11. Оксиди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-O. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Дефекти кристалічної структури оксидів. Зв'язок будови та властивостей.

Заняття 12. Продовження. Оксиди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-O. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Зв'язок будови та властивостей.

Заняття 13. Бориди перехідних металів. Класифікація боридів за типом боридної підґратки. Типові діаграми стану Me-B. Основні структурні типи.

Література. [1] с. 58-69.

Заняття 14. Бориди РЗМ. Особливості структури тетраборидів, гексаборидів та додекаборидів. Типи хімічного зв'язку. Фізико-технічні та хімічні властивості боридів, зв'язок з кристалічною структурою.

Література. [1] с. 70-79.

Заняття 15. Силіциди перехідних металів. Особливості кристалічної та електронної будови. Основні структурні типи. Фізико-хімічні властивості та їх зв'язок з кристалічною будовою.

Література: [1] с. 80-93.

Заняття 16. Продовження. Силіциди перехідних металів. Особливості кристалічної та електронної будови. Основні структурні типи. Фізико-хімічні властивості та їх зв'язок з кристалічною будовою.

Література: [1] с. 80-93.

Заняття 17. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Кристалічна та електронна будова нітрідів бору, алюмінію та кремнію; карбідів бору та кремнію. Фізико-хімічні властивості.

Література. [1] с. 95-110.

Заняття 18. Залік

5.2. Лабораторні заняття

Для проведення 1–6 лабораторної роботи за 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 , які зустрічаються серед структур тугоплавких сполук.

Для візуалізації зазначених структурних типів під час проведення використовується програмне забезпечення CrysX-3d-Viewer, яке є у вільному доступі у мережі Інтернет. Для виконання цих лабораторних робіт потрібні знання основ кристалохімії, набуті студентами під час вивчення

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

дисципліни “Кристалографія, кристалохімія та мінералогія” і у скороченому вигляді наведені у теоретичних відомостях до кожної лабораторної роботи у навчальному посібнику “Кристалохімія тугоплавких сполук : практикум”.

Для виконання 7–10 лабораторних робіт за очного і дистанційного навчання використовуються тривимірні моделі тугоплавких сполук <https://materialsproject.org/materials> та відомості про їх структури отримані на лекційних заняттях дисципліни “Кристалохімія тугоплавких сполук”.

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

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

Заняття 6. Лабораторна робота №4. Правильні системи точок кристалічних структур.

Заняття 7. Лабораторна робота №4. Правильні системи точок кристалічних структур.

Заняття 8. Лабораторна робота №5. Базис кристалічної структури.

Заняття 9. Лабораторна робота №5. Базис кристалічної структури.

Заняття 10. Лабораторна робота №6. Рентгенівська густина та ретикулярна щільність кристалічних структур.

Заняття 11. Лабораторна робота №6. Рентгенівська густина та ретикулярна щільність кристалічних структур.

Заняття 12. Лабораторна робота №6. Рентгенівська густина та ретикулярна щільність кристалічних структур.

Заняття 13. Лабораторна робота №7. Опис кристалічних структур тугоплавких карбідів і нітридів перехідних металів

Заняття 14. Лабораторна робота №7. Опис кристалічних структур тугоплавких карбідів і нітридів перехідних металів

Заняття 15. Лабораторна робота №8. Опис кристалічних структур тугоплавких боридів перехідних металів.

Заняття 16. Лабораторна робота №8. Опис кристалічних структур тугоплавких боридів перехідних металів.

Заняття 17. Лабораторна робота №9. Області гомогенності нестехіометричних карбідів перехідних металів IV–VI груп.

Заняття 18. Лабораторна робота №10. Заповнення порожнин кристалічних структур нестехіометричних карбідів перехідних металів IV–VI груп.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (48 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 18 год;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу – 14 год;
- підготовка ДКР – 6 год;
- підготовки до МКР – 4 год;
- підготовки до заліку – 6 год.

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 знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції.

Відвідування лабораторних занять є обов'язковим.

Правила поведінки на заняттях.

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

Під час проведення **очних** лабораторних занять в спеціалізованій аудиторії №209-9 корпусу студенти допомагають викладачу зняти необхідні для проведення заняття наочні моделі з полиць та повернути їх назад на полиці в кінці заняття.

Під час проведення занять у комп'ютерному класі студенти повинні строго дотримуватись правил техніки безпеки. Інструктаж з техніки безпеки у роботі з комп'ютером проводиться на першому занятті.

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.

Перевірка правильності виконання завдань і підсумок кількості виконаних моделей проводиться викладачем безпосередньо на занятті.

Студенти можуть опрацювати не виконані на практичному занятті моделі самостійно вдома і надати їх на перевірку викладачу на наступному занятті.

За **дистанційної** форми навчання у сервісі Telegram викладач створює групу, назва якої складається із номера групи і назви дисципліни, і до якої староста групи приєднує усіх студентів. Протокол лабораторної роботи напередодні заняття завантажуються до цієї групи. Перевірка правильності виконання завдання лабораторної роботи здійснюється під час заняття дистанційно із використанням цієї Telegram групи. Перевірка завдань виконаних у Google Form дистанційного класу GoogleClassRoom "Кристалохімія тугоплавких сполук" здійснюється викладачем упродовж тижня після останнього заняття за відповідною темою.

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

Перескладання МКР 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)

8.1. Види контролю:

- Поточний контроль: лабораторні роботи, МКР.
- Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

- **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:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-10} O_{\text{ЛР}} + O_{\text{МКР}} + O_{\text{ДКР}}}{12}.$$

8.2. Критерії нарахування балів.

Лабораторні роботи.

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

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

За наявності протоколу кожна лабораторна робота оцінюється за кількість самостійно виконаних завдань на лабораторному занятті, позитивна оцінка складає 60–100 балів.

Кількість завдань визначається в залежності від складності теми лабораторної роботи і 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 лабораторному занятті – 5 балів.

Модульна контрольна робота.

За очної форми навчання МКР включає п'ять пунктів аналітичного опису, які необхідно виконати для однієї кристалічної структури тугоплавкого карбіду або нітриду. Позитивна оцінка 60–100 балів.

Відповідь на кожний пункт аналітичного опису завдання максимально оцінюється, відповідно:

- Зобразити проекцію елементарної комірки тугоплавкого карбіда або нітрида та елементів симетрії на площину (001) – 20 балів;
- Визначити тип комірки Браве – 10 балів;
- Визначити координатні числа та координатні многогранники – 25 балів;
- Визначити число структурних та формульних одиниць – 25 балів;
- Записати просторову групу – 20 балів.

За відсутності зазначених пунктів завдання оцінка зменшується на відповідну кількість балів; за кожну помилку оцінка зменшується на 2 бали.

За дистанційної форми навчання МКР виконується онлайн із використанням тестових питань у Google Form. Оцінка формується як сума балів отриманих за відповідь на кожне питання МКР.

Домашня контрольна робота.

У ДКР студент повинен виконати завдання лабораторних робіт №1–6 для певної тугоплавкої структури. Позитивна оцінка 60–100 балів.

Відповідь на кожний пункт аналітичного опису завдання максимально оцінюється, відповідно:

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

- Зобразити проєкцію елементарної комірки тугоплавкої сполуки та елементів симетрії на площину (001) або (0001) – 10 балів;
- Визначити тип комірки Браве – 5 балів;
- Визначити координаційні числа та координаційні многогранники – 10 балів;
- Визначити число структурних та формульних одиниць – 10 балів;
- Записати просторову групу – 5 балів.
- Визначити базис кристалічної комірки – 10 балів.
- Розрахувати рентгенівську густину та ретикулярну щільність ідеальної і дефектної кристалічної структури – 50 балів.

За відсутності зазначених пунктів завдання оцінка зменшується на відповідну кількість балів; за кожну помилку оцінка зменшується на 2 бали.

Календарний контроль.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7 та 13 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з лабораторних робіт №1–3. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно виконати мінімум 50 % завдань з лабораторних робіт №4–7 та написати МКР щонайменше на 50 балів.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт на 60–100 балів, написання модульної контрольної роботи на 60–100 балів та ДКР 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

За очної форми навчання кожне завдання залікової контрольної роботи (ЗКР) містить два теоретичних запитання і одне практичне завдання, які виконувались на лабораторних роботах. Приклад завдання для ЗКР наведено у Додатку А. Перелік запитань, що виносяться на ЗКР наведений у Додатку Б. ЗКР проводиться письмово. На підготовку відповідей на запитання завдання ЗКР виділяється 1 академічна година часу.

Сумарна максимальна оцінка складає 100 балів, відповідно:

- Максимальна оцінка за правильну відповідь на кожне теоретичне питання складає 30 балів.
- Максимальна оцінка за правильно розв'язане практичне завдання – 40 балів.

Під час розв'язування задачі студент може користуватися кристалічними ґратками речовин та сполук.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

*Оцінка за відповідь знижується по кожному з питань – за принципові помилки у відповіді на 20-15 балів, за неповну відповідь на 15-10 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів. За умови **дистанційного** навчання ЗКР складається з двох частин представляє собою тестові теоретичні питання та індивідуальне завдання. Оцінка формується як сума балів отриманих за відповідь на кожне питання ЗКР.*

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 перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (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.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 3 від 30 вересня 2025 р.)

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

1. Пояснити, які електронні конфігурації у конфігураційній моделі речовини вважаються валентноутворюючими і чому.
2. Охарактеризувати властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп та пояснити, що визначає високу твердість цих сполук.
3. Визначити та зобразити на площині проєкції (001) елементи симетрії елементарної ґратки TiC.

Додаток Б

Перелік питань, що виносяться на залікову контрольну роботу

1. Історичний та сучасний погляд на речовини, які відносять до тугоплавких.
2. Етапи розвитку уяви про речовину та матеріали з цієї речовини.
3. Причини виникнення різноманітних моделей конденсованого стану речовини. Наведіть приклади таких моделей.
4. Конфігураційна модель речовини. Основні положення.
5. Які електронні конфігурації у конфігураційній моделі речовини вважаються валентнотвірними? Поясніть чому.
6. Поясніть термін “фази проникнення”. Які сполуки відносять до “фаз проникнення”?
7. Розкрийте сутність правила Хейфа.
8. Поясніть різницю між поняттями “фаза проникнення” та “твердий розчин проникнення”. Які сполуки утворюють перехідні метали з легкими неметалами?
9. Тугоплавкі сполуки. Визначення та класифікація.
10. Які речовини утворюють тугоплавкі сполуки та які види зв'язку виникають в них?
11. Чому і яким чином відбувається перебудова первинної кристалічної ґратки метала під час утворення тугоплавких сполук?
12. Які сполуки утворюють перехідні метали IV-VI груп з вуглецем? Який структурний тип кристалічних ґраток монокарбідів перехідних металів IV- VI?
13. Які координаційні поліедри утворюються в монокарбідах перехідних металів IV-VI груп? Які з них є структурно змінними, а які структурно сталими?
14. У порожнинах якої форми розташовуються атоми неметалу в фазах проникнення? Які вимоги до розміру цих порожнин?
15. Який структурний тип кристалічної ґратки утворюється, якщо атоми неметалу заповнюють усі октаедричні пустоти гранецентрованої кубічної ґратки?
16. Що таке області гомогенності? За рахунок чого зберігається кристалічна структура фази проникнення в області гомогенності?
17. Класифікація кристалічних структур карбідів перехідних металів IV-VI груп за розташуванням атомів вуглецю та металу.
18. Які сполуки утворюють перехідні метали IV-VI груп з азотом? Який структурний тип кристалічних ґраток мононітридів та субнітридів перехідних металів IV-VI?
19. У порожнинах якої форми розташовуються атоми азоту в нітридах перехідних металів IV-VI груп? Які вимоги ставляться до розміру цих порожнин.
20. Що спільного і чим відрізняються карбіди та нітриди перехідних металів IV-VI груп?
21. Властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп. Що визначає високу твердість цих сполук?
22. Властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп. Що визначає високу температуру плавлення цих сполук?
23. Властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп. Що обумовлює специфічні електричні властивості цих сполук?
24. Особливості електронної будови боридів.
25. Які структурні елементи утворюють атоми бору в сполуках? Структурний тип AlB_2 .
26. Бориди з каркасом з атомів бору. Структурний тип CaB_6 .
27. Бориди з каркасом з атомів бору. Структурний тип UB_4 .
28. Бориди з каркасом з атомів бору. Структурний тип UB_{12} .
29. Властивості боридів перехідних металів. Що впливає на різницю у властивостях боридів і карбідів, нітридів?
30. Особливості будови силіцидів перехідних металів.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

31. Класифікація силіцидів. Іонно-ковалентні силіциди.
32. Класифікація силіцидів. Металоподібні силіциди.
33. Класифікація силіцидів. Ковалентні силіциди.
34. Структурні елементи атомів кремнію в сполуках.
35. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Нітрид бору.
36. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Нітрид алюмінію.
37. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Карбід бору.
38. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Нітрид бору.
39. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Нітрид кремнію.
40. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Карбід кремнію.
41. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Борид кремнію.