



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) прискорена
Рік підготовки, семестр	2 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
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Консультації: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102
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 надзвичайне 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.

Дисципліна “Кристалохімія тугоплавких сполук” вивчається студентами, що навчаються за інтегрованими навчальними планами екстернатом, тобто 120 годин, які заплановані на вивчення дисципліни, розподіляються на самостійне її опанування, яке полягає у вивченні теоретичного матеріалу і виконанні завдань лабораторних робіт у дистанційному класі GoogleClassRoom “Кристалохімія тугоплавких сполук”. Керівником курсу надаються консультації і здійснюються перевірки виконаних завдань.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

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;
- 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” – вивчення структури, хімічного зв'язку та фізико-хімічних властивостей тугоплавких сполук, у зв'язку з широким застосуванням їх в композиційних матеріалах та покриттях.

Програмні результати навчання:

- Уміти застосувати 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 отримує 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. 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.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

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>.
3. Кристалохімія тугоплавких сполук : практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітньої програми «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Л. О. Бірюкович. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,24 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 40 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36843>.
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-AXdX7UMuhxuhwblCOxii0TrIZM7TiVtp6RunUpp1qByGIZh0Fb3U3SFSyrlC3gm9EzZUIBc-WMsWwomEI_FNdUqSqKtCeET1zUj4fZgAZ23vUQcuAPbn8IT4TVNHawWHfFA6kw7JeILMv97aYePKCk_p8fqcp32CeU8QXBGYP4z84vUx9K3jVttbGQvcOSEaXwXRafTqWCLM9-fRrikgkGcogIWTP1jGCZ9yYNkpeKBRQHR_wHR29mDfjetgdi3Vf8cljBIG02XBpHyvYH6aCMkrh2vNoi4nj7KuYQpc3shh.

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

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

матеріалів знаходяться у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського і надаються для ознайомлення і глибокого розуміння природи властивостей тугоплавких сполук та їх взаємозв'язку із кристалічною структурою.

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. Рейтингова система оцінювання.

Розділ 1. Електронна будова та загальні відомості про тугоплавкі сполуки

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

Література [1] с. 8-9, 18-25.

Заняття 3. Електронна будова тугоплавких сполук. Моделі конденсованого стану речовини. Конфігураційна модель речовини. Поняття стабільних конфігурацій. Стабільні конфігурації та типи хімічного зв'язку. 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.

Заняття 4. Продовження. Електронна будова тугоплавких сполук. Моделі конденсованого стану речовини. Конфігураційна модель речовини. Поняття стабільних конфігурацій. Стабільні конфігурації та типи хімічного зв'язку. Зв'язок електронної будови та фізико-хімічних властивостей.

Література. [1] с. 9-18.

Розділ 2. Кристалохімічні особливості тугоплавких сполук

Заняття 5. Карбіди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-C. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Зв'язок будови та властивостей.

Література. [1] с. 27-42.

Заняття 6. Продовження. Карбіди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-C. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Зв'язок будови та властивостей.

Література. [1] с. 27-42.

Заняття 7. Нітриди перехідних металів. Типи діаграм стану Me-N. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Зв'язок будови та властивостей.

Література. [1] с. 44-57.

Заняття 8. Модульна контрольна робота (зразок завдання у Додатку А).

Заняття 9. Оксиди перехідних металів. Діаграми стану Me-O. Субоксиди: область від твердих розчинів кисню в металі до монооксидів. Монооксиди. Оксиди складів, проміжних між MO і MO₂. Двооксиди. Оксиди зі структурою гематиту. Шпінелі.

Заняття 10. Подвійні системи метал-кисень. Кристалічна та електронна будова. Основні структурні типи. Зв'язок будови та властивостей. Система Ti-O. Система Zr-O. Система Hf-O. Система V-O. Система Nb-O. Система Ta-O. Система Cr-O. Система Mo-O і W-O.

Заняття 11. Бориди перехідних металів. Класифікація боридів за типом боридної підґратки. Типові діаграми стану Me-B. Основні структурні типи.

Література. [1] с. 58-69.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

Заняття 12. Продовження. Бориди перехідних металів. Класифікація боридів за типом боридної підґратки. Типові діаграми стану Ме-В. Основні структурні типи.

Література. [1] с. 58-69.

Заняття 13. 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 14. 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 15. 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 16. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Кристалічна та електронна будова нітридів бору, алюмінію та кремнію; карбідів бору та кремнію. Фізико-хімічні властивості.

Література. [1] с. 95-110.

Заняття 17. Продовження. Неметалеві тугоплавкі сполуки. Кристалічна та електронна будова нітридів 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 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 використовується 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.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

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. Области 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 (120 годин.) складається з:

- *вивчення лекційного матеріалу – 36 год;*
- *виконання лабораторних робіт – 78 год;*
- *підготовки до заліку – 6 год.*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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: тести, лабораторні роботи.*
- *Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.*
- *Семестровий контроль: залік*

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

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

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-10} O_{\text{ЛР}}}{10}$$

8.2. Критерії нарахування балів.

Лекції.

Контроль засвоєння теоретичного матеріалу здійснюється за допомогою тестів у Google Form дистанційного класу “Кристалохімія тугоплавких сполук”, де оцінка формується автоматично. Максимальна оцінка за кожний тест складає 100 балів.

Лабораторні роботи.

Лабораторні роботи виконуються студентами в Google Form дистанційного класу “Кристалохімія тугоплавких сполук”, де оцінка формується автоматично. Максимальна оцінка за кожне завдання лабораторної роботи складає 100 балів.

Календарний контроль.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7–8 та 14–15 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 щонайменше на 50 балів.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт 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 попередній рейтинг студента скасовується і він 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:

<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

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:

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

- *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.

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)

- *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 № 17 від 22 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 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 валентноутворюючими? Поясніть чому.
6. "Фази проникнення". Які сполуки відносять до "фаз проникнення"? Правило Хейґа.
7. Поясніть різниці між поняттями "фаза проникнення" та "твердий розчин проникнення". Які сполуки утворюють перехідні метали з легкими неметалами?
8. Тугоплавкі сполуки. Визначення та класифікація.
9. Які речовини утворюють тугоплавкі сполуки та які види зв'язку виникають в них?
10. Чому і яким чином відбувається перебудова первинної кристалічної ґратки металу під час утворення тугоплавких сполук?
11. Які сполуки утворюють перехідні метали IV-VI груп з вуглецем? Який структурний тип кристалічних ґраток монокарбідів перехідних металів IV- VI?
12. Які координаційні поліедри утворюються в монокарбідах перехідних металів IV-VI груп? Які з них є структурно змінними, а які структурно сталими?
13. У порожнинах якої форми розташовуються атоми неметалу в фазах проникнення? Які вимоги до розміру цих порожнин?
14. Який структурний тип кристалічної ґратки утворюється, якщо атоми неметалу заповнюють усі октаедричні пустоти гранецентрованої кубічної ґратки?
15. Що таке області гомогенності? За рахунок чого зберігається кристалічна структура фази проникнення в області гомогенності?
16. Класифікація кристалічних структур карбідів перехідних металів IV-VI груп за розташуванням атомів вуглецю та металу.
17. Які сполуки утворюють перехідні метали IV-VI груп з азотом? Який структурний тип кристалічних ґраток мононітридів та субнітридів перехідних металів IV-VI?
18. У порожнинах якої форми розташовуються атоми азоту в нітридах перехідних металів IV-VI груп? Які вимоги ставляться до розміру цих порожнин.
19. Що спільного і чим відрізняються карбіди та нітриди перехідних металів IV-VI груп?
20. Властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп. Що визначає високу твердість цих сполук?
21. Властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп. Що визначає високу температуру плавлення цих сполук?
22. Властивості карбідів і нітридів перехідних металів IV-VI груп. Що обумовлює специфічні електричні властивості цих сполук?
23. Особливості електронної будови боридів.
24. Які структурні елементи утворюють атоми бору в сполуках? Структурний тип AlB_2 .
25. Бориди з каркасом з атомів бору. Структурний тип CaB_6 .
26. Бориди з каркасом з атомів бору. Структурний тип UB_4 .
27. Бориди з каркасом з атомів бору. Структурний тип UB_{12} .
28. Властивості боридів перехідних металів. Що впливає на різницю у властивостях боридів і карбідів, нітридів?
29. Особливості будови силіцидів перехідних металів.
30. Класифікація силіцидів. Іонно-ковалентні силіциди.

Бірюкович Л. О. Кристалохімія тугоплавких сполук

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