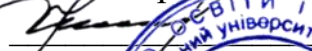


Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Приймальної комісії


«24» березня 2025 р. М. ЦЕПЕНДА



ПРОГРАМА

вступного випробування з

комплексний фаховий іспит з матеріалознавства

для зарахування на навчання за ступенем доктора філософії за спеціальністю

G8 Матеріалознавство

на основі освітнього рівня магістра (освітньо-кваліфікаційного ступеня

спеціаліста) при прийомі на навчання у 2025 році

за суміжною спеціальністю

Розглянуто та схвалено

на засіданні Приймальної комісії

Прикарпатського національного

університету імені Василя Стефаника

Протокол № 1 від 24 березня 2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Метою вступного випробування з “Комплексного екзамену з матеріалознавства” є перевірка знань і відбір вступників для зарахування на навчання за ступенем доктора філософії за спеціальністю G8 Матеріалознавство при прийомі на навчання на основі освітнього рівня магістра /освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста до Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника у 2025 році.

Програма містить основні питання з матеріалознавства та перелік рекомендованої літератури.

Наведений перелік питань, які виносяться на вступне випробування дасть можливість вступнику систематизувати свої знання та допоможе зорієнтуватися, на які питання треба звернути увагу при підготовці до вступного випробування.

Перелік рекомендованої літератури сприятиме у пошуку і підборі джерел підготовки для вступного випробування.

ОСНОВНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

Загальні відомості про різні типи дефектів в кристалах і причини їх виникнення: рухливість атомів, дифузія, крип, рекристалізація в металах і сплавах. Повзучість кристалічних тіл при високих температурах. Механізми переміщення вакансій і дислокацій, їх взаємодія.

Закономірності усадки при спіканні. Основні стадії процесу спікання. Взаємне припікання твердих тіл, що контактують по площині і в точці. Зміна вільної поверхні міжчастинкового контакту, форми частинок при спіканні, формування нових міжкристалітних меж і збільшення зерен. Поле напруження та розподіл вакансій навколо ізольованої сферичної пори. Взаємодія пор з міжзеренними і міжблоковими межами. Фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки, зміцнення брикетів та збільшення зерен. Особливості спікання нанодисперсних порошків. Фізико-хімічні явища і причини гальмування усадки при збільшенні розмірів тіла, що спікається. Закономірності та кінетика спікання багатокомпонентних систем без утворення рідкої фази. Особливості усадки при спіканні систем з утворенням твердих розчинів та інтерметалевих сполук з врахуванням впливу гетеродифузії.

Багатофункціональні матеріали. Оптимізація комплексних експлуатаційних властивостей (зносостійкість, термоміцність, вібростійкість, електроерозійна стійкість, теплозахисна спроможність, радіаційно захисна спроможність та ін.).

Проектування оптимальної структури композиційних матеріалів. Дисперсно-зміцнені композити та “порошкові”, в тому числі, псевдостопи – найпоширеніші класи композиційних матеріалів, які виготовляються

методами порошкової металургії.

Зміцнення композитів частинками. Основні принципи вибору зміцнюючих частинок. Дисперсно- зміцнені композити на основі міді, срібла, заліза, алюмінію, нікелю, вольфраму та ін. Особливості технологій. Відмінності дисперсно-зміцнених композитів від дисперсійно-твердіючих сплавів. Властивості.

Основні вимоги до конструкційних виробів підвищеної міцності: легування порошків, багаторазове пресування і спікання, ударне пресування, екструзія, обробка тиском в закритих формах, гаряча штампова пористих заготовок, просочення, термічна обробка, хіміко-термічна обробка спечених деталей, додаткова механо-термічна обробка.

Антифрикційні матеріали. Склад та типи антифрикційних матеріалів. Матеріали на основі міді, заліза, нікелю, кобальту, алюмінію, тугоплавких металів та сполук; металовуглецеві, металофторопластові, металоскляні, матрично-наповнені матеріали. Технологія виготовлення антифрикційних композитів (шихтування, формування виробів, спікання, термічна і хіміко-термічна обробки, виготовлення шаруватих виробів, введення мастил). Властивості. Класифікація антифрикційних матеріалів за галузями використання.

Керамічні інструментальні матеріали. Склад, технологія виготовлення, властивості, галузі використання. Шляхи створення нових типів ріжучого інструменту. Властивості порошкових металічних матеріалів: твердість, міцність, пружність, втомленість, теплофізичні і електрофізичні властивості, антифрикційні властивості тощо.

Вимоги до матеріалів електродів електронних та інших приладів. Використання тугоплавких металів і їх сполук. Гетерні матеріали. Їх використання в сучасній техніці. Використання тугоплавких сполук для об'ємних опорів. Термоелементи та резистори. Склад, технологія виготовлення і властивості. Експлуатаційні характеристики і галузі використання електронагрівачів. Об'ємні, тонко- та товстоплівкові резистори. Магнітні матеріали. Класифікація магнітних матеріалів. Спечені магнітом'які матеріали на основі заліза в системах Fe-(Si-Al), Fe-P, Fe-Ni. Магнітодіелектрики, магнітом'які ферити.

Магнітотверді матеріали: магніти зі сплавів на основі рідкоземельних металів. Барієві та стронцієві ферити. Мікропорошкові композиції. Магнітні композити. Вимоги до вихідних порошків. Технології виготовлення. Основні електричні і магнітні властивості. Галузі використання спечених магнітних матеріалів. Порівняльні властивості литих та спечених магнітних матеріалів. Техніко-економічні переваги порошкового методу виготовлення магнітних матеріалів. Електроізоляційні та діелектричні матеріали на базі оксидів та неметалевих нітридів.

Основні завдання, що вирішуються при використанні волокнистих композитів в конструкціях. Поняття про матрицю і арматуру. Їх функції в композиті і вимоги до них. Фізико-хімічна взаємодія компонентів композита. Класифікація композитів за типом взаємодії його компонентів. Поняття

термодинамічної, кінетичної і механічної сумісності компонентів композиту. Термічні і фазові напруження в композитах. Шляхи оптимізації взаємодії компонентів композитів.

Вуглець-вуглецеві матеріали. Вихідні вуглецеві та графітові волокна одержані з віскозних, поліакрилонітрильних, їх кополімерів та пекових волокон. Принципи та методи виготовлення армуючих об'ємних каркасів різної форми з цих волокон. Методи створення вуглецевої матриці (насичення армуючого каркасу з газової фази, карбонізація вуглепластика з просочуванням фенольним зв'язуючим, поєднання цих методів). Вуглецевоутворюючі компоненти. Переваги вуглець-вуглецевих композитів, що забезпечені вуглецевою матрицею. Властивості матеріалів, їх використання в ракетно-космічній, авіаційній техніці, ядерній енергетиці, електротехніці, медицині і ін.

Композиційні матеріали на основі безкисневих та кисневмісних матриць. Композиційні матеріали на основі нітриду і карбїду кремнію, що армовані нитковими кристалами, волокнами SiC, Al₂O₃, муліта, графітованими волоками (моно- та полікристалічними, односпрямованими та об'ємноструктурованими). Технології виготовлення матеріалів та виробів на основі нітриду та карбїду кремнію з використанням низькотемпературного формування. Властивості. Вплив межі розподілу волокно-матриця. Шляхи підвищення властивостей. Галузі використання композитів.

Композиційні матеріали на основі оксиду алюмінію. В'язка кераміка на основі тугоплавких оксидів, армованих туготопкими волокнами. В'язка кераміка на основі діоксиду цирконію. Композиційні матеріали на основі силікатних матриць. Армуючі волокна. Вибір захисних шарів. Технологія виготовлення композиційних матеріалів на основі оксидних матриць та виробів з них. Властивості. Галузі використання.

Переваги багатошарових композитів перед звичайними матеріалами та їх властивості. Анізотропія властивостей. Модуль пружності, правило суміші для розрахунку жорсткості композитних виробів. Механічні властивості при статичному та динамічному навантаженні, залежність механічних властивостей від геометричних характеристик шарів, їх числа, послідовності укладки. Механізм деформації та руйнування багатошарових композитів. Вплив стану поверхні розподілу між шарами на властивості композитів. Одержання багатошарових композитів. Основи сумісної деформації різнорідних матеріалів. Використання багатошарових композитів.

Перехідні елементи четвертого періоду. Залежність кислотно-основних властивостей оксидів від ступеня оксидації хімічного елементу. Поступова зміна кислотно-основних властивостей за періодами (на прикладі четвертого періоду при переході від Sc₂O₃ до Ga₂O₃). Загальне означення кислотних, основних та амфотерних оксидів. Кислотні оксиди як оксиди неметалів та оксиди металів з вищим ступенем оксидації (+5, +6, +7). Основні оксиди – оксиди металів першої та другої головних підгруп (окрім берилію), а також металів зі ступенем оксидації +1, +2 (окрім перехідних металів з однозначним ступенем оксидації +2).

Амфотерні гідрати оксидів як кислоти та основи. Оксиди Берилію, Алюмінію, Хрому, Мангану, Феруму, Цинку, Плюмбуму. Солі як продукти кислотно-основної взаємодії. Середні, кислі й основні солі. Означення середніх солей, їх одержання. Правила написання хімічних реакцій з утворенням середніх солей. Кислі й основні солі як похідні від кислот і основ. Дво- і триосновні кислоти та їх кислі солі. Дво- та триатомні основи та їх солі. Номенклатура кислих та основних солей, їх хімічні властивості. Реакції взаємодії кислих, середніх і основних солей між собою, а також з оксидами, кислотами, основами.

Оксиди, гідрати оксидів, солі. Взаємозв'язок між ними. Генезис найголовніших класів неорганічних сполук. Закон збереження маси в хімічних реакціях. Особливості закону збереження маси та енергії в ядерних процесах. Молекулярна маса, її означення. Моль атомів, моль молекул, моль йонів, моль електронів та інших структурних одиниць. Мольна маса. Хімічні сполуки, їх склад у масових та атомних відсотках. Закон Авогадро. Мольний об'єм. Закон об'ємних відношень.

Застосування основних законів у стехіометричних розрахунках. Розбіжність основних законів неорганічної хімії з хімією нестехіометричних сполук.

Корозія металів як електрохімічний процес їх руйнування. Негативні наслідки корозії. Розпорошення руд металів як негативний процес втрати родовищ руд металів. Встановлення причин та механізму корозії як перший крок до розробки способів захисту від неї.

Методи захисту від корозії. Ізоляція металу від навколишнього середовища (мастила, покриття захисними плівками, фарбами), гальванічні покриття, протекторний захист, електрозахист, інгібітори. Захисні оксидні плівки, термообробка як штучне створення захисних плівок.

Способи вимірювання температури. Термоелектрична, термодинамічна температурні шкали. МПТШ. Рідинні термометри. Термометри опору. Мостові, потенціометричні та інші схеми вимірювання температури. Вимірювання температури методом оптичної пірометрії. Яскравісна температура. Температура кольору. Радіаційна температура.

Прості і перехідні метали, їх будова і властивості. Будова напівпровідників і діелектриків. Стан електронів у твердих тілах.

Модель вільних електронів. Хвильова функція електронів в кристалах. Енергія Фермі. Зони Бріллюена. Поверхня Фермі. Електропровідність металів та напівпровідників. Питома електропровідність та питомий електроопір. Методи вимірювання електроопору. Ефект Хола. Вимірювання електричних властивостей металів та напівпровідників. Електропровідність твердих розчинів, хімічних сполук та проміжних фаз. Електропровідність проміжних фаз. Явище надпровідності.

Надпровідники першого та другого роду. Високотемпературні надпровідні керамічні матеріали. Термоелектричні властивості металів, сплавів, напівпровідників і надпровідників. Ефекти Зеєбека, Пельтьє і Томсона. Використання методу вимірювання термоелектрорушійної сили в матеріалознавстві. Матеріали для термопар і термоелементів.

Густина та питомий об'єм матеріалів. Рентгеноскопічна густина. Методи

гідростатичного зважування.

Пікнометричний метод. Вимірювання густини порошкових і керамічних матеріалів. Теплове розширення металів, сплавів і сполук. Вплив різних факторів на теплове розширення. Установки і методи дилатометрії. Дилатометричне вивчення фазових і структурних перетворень.

Теплоємність твердих тіл. Класична теорія теплоємності, теорія Ейнштейна та Дебая. Теплоємність металів, сплавів і сполук. Зміна теплоємності під час фазових та структурних перетворень. Методи калометричного і термічного аналізів. Прилади для термічного аналізу.

Теорія електронної і фотонної теплопровідності твердих тіл. Закон Відемана-Франца. Теплопровідність металів, напівпровідників, сплавів і сполук. Методи вимірювання теплопровідності матеріалів.

Відпал чавунів. Графітозійний відпал. Нормалізація чавунів. Відпал кольорових металів. Гетеронізуючий відпал. Відпал з фазовою перекристалізацією.

Роль поверхні в різних фізико-хімічних процесах. Роль поверхні в фізиці і хімії твердого тіла. Поверхні ідеальні і неідеальні. Поняття про атомарно-чистої гладкої поверхні. Методи отримання чистих поверхонь: скол у вакуумі, прогрів в вакуумі, іонне бомбардування, холодна емісія, епітаксійне нарощування.

Шаруваті кристали. Кристалографічні та морфологічні характеристики поверхні. Двовимірна кристалічна решітка, двовимірні решітки Браве. Позначення поверхонь монокристалів і атомних структур. Зміна міжплощинних відстаней біля поверхні. Поняття шорсткості поверхні. Релаксація поверхні іонних кристалів. Полярні і неполярні поверхні.

Реконструкція поверхні металів. Можливість зміни валентності на поверхні. Реконструкція на поверхні напівпровідників. Кремній (111).

Фасетування поверхні. Вплив дефектів на структуру поверхні. Зміна електронної структури, роботи виходу, поверхневої провідності і т.п. при реконструкції. Коливання поверхневих атомів. Середньоквадратичний зсув атомів на поверхні, температура Дебая, термічне розширення на поверхні.

Електронні властивості поверхні твердого тіла. Поверхневі стани Тамма. Поверхневі стани Шоклі. Можливості зміни ширини забороненої зони на поверхні. Зв'язані поверхневі стани, резонансні і антирезонансні поверхневі стани. Вплив реконструкції поверхні. Локальна щільність електронних станів. Поверхня металу - електронні властивості поверхні твердого тіла. Експериментальні дослідження електронної структури поверхні металів.

Зміна потенціалу і розподіл електронної густини на поверхні. Желе-модель металу. Метод функціоналу густини: електронний газ з постійною густиною. Способи реалізації методу функціонала густини: розширений метод Томаса-Фермі, удосконалений метод Хартрі, варіаційний метод. Електронна густина і потенціал біля поверхні.

Емісійні явища на поверхні твердого тіла. Робота виходу. Поляризаційна складова роботи виходу. Подвійний електричний шар. Роль шорсткості поверхні. Поверхнева енергія. Врахування атомної структури поверхні.

Взаємодія заряду з поверхнею.

Адсорбція. Кінетика адсорбції. Теорія Ленгмюра. Ізотерма Ленгмюра. Полімолекулярних адсорбція, теорія БЕТ. Фізична і хімічна адсорбція. Сили, що призводять до фізичної адсорбції: орієнтаційні, поляризаційні, дисперсійні, репульсивні. Потенціал Леннарда-Джонса. Модель парних взаємодій. Хімічна зв'язок: метод молекулярних орбіталей, теорія валентних зв'язків. Заселеність перекривання, локальна щільність станів. Електронний стан адатомів.

Просторовий розподіл електронної густини. Поверхня напівпровідників: область просторового заряду та її характеристики. Область просторового заряду. Область просторового заряду в термодинамічній рівновазі. Виникнення областей просторового заряду в обмежених кристалах. Основне рівняння ОПЗ.

Методи дослідження поверхні твердого тіла. Морфологія поверхні. Мікроскопічні дослідження. Оптичні дослідження поверхні. Дифракція рентгенівських променів та електронів. Структурний аналіз аморфних поверхонь. Хімічний склад і дефекти поверхні. Рентгенівська фотоемісія в дослідження поверхні НП. Оже –спектроскопія в дослідження поверхні НП. Інфрачервона спектроскопія в дослідження поверхні НП. гамма-резонансні методи в дослідження поверхні.

Накопичувачі електричної енергії. Основні визначення, фундаментальні аспекти і практичні застосування. Пористі матеріали. Класифікація пористих систем за розмірами пор, величиною питомої поверхні. Подвійний електричний шар (ПЕШ). Моделі ПЕШ. Принципи накопичення заряду в ПЕШ.

Принцип накопичення заряду в псевдоконденсаторах. Псевдоконденсатори на основі окисів рутенію, іридію. Псевдоконденсатори на основі полімерів. Швидкі оборотні редокс-реакції. Функціональні групи та їх роль в накопиченні заряду. Псевдоконденсатори на основі нанопористого вуглецю. Використання оксидів перехідних металів в літєвих джерелах струму (ЛДС). Процеси інтеркаляційногострумоутворення. Формування структур господар-гість. Наномасштабні діоксиди титану, олова в ЛДС та їх основні характеристики. Способи підвищення питомих потужності та енергії у вказаних пристроях.

Низькорозмірні структури в пристроях накопичення і генерації електричної енергії. Шаруваті структури. Канальні структури. Нанотрубки. Гостьові позиції у низькорозмірних матеріалах.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вдовенко О.П. Загальна хімія. – Вінниця: Нова книга, 2005. – 288 с.
2. Григор'єва В.В. Загальна хімія: Підручник. – К.: Вища школа, 1991. – 431 с.

3. Кириченко В.І. Загальна хімія. Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2005. – 639 с.
4. Луцевич Д.Д. Довідник з хімії. – Львів: Українські технології, 2005. – 420 с.
5. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник для студентів вищ. навч. закладів. – К.: Перун, 1998. - 480 с.
6. Скопенко В.В., Григор'єва В.В. Найважливіші класи неорганічних сполук. Навч.посібник для студентів хім. спец. – К.: Либідь, 1996. – 152с.
7. Хомченко І.Г. Загальна хімія. – К.: Вища школа, 1993. – 424 с.
8. Дяченко С.С., Дощечкіна І.В., Мовлян А.О., Плешаков Е.І. Матеріалознавство. – Харків: ХНАДУ, 2007.
9. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. Металознавство. К.: Політехніка, 2002.
10. Кузін О. А. Металознавство і термічна обробка металів / О. А. Кузін, Р. Яцюк. – К. : Основа, 2005. – 360 с.
11. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали: посібник / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с., іл.
12. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Порядок проведення та критерії оцінювання вступних випробувань регулюється Положенням про організацію вступних випробувань у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.